

Untersuchung ackerbaulicher Probleme langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe; Kooperationsmodell Praxis - Beratung - Wissenschaft

**Investigation of problems in plant production of long-term organic farms; cooperation model
farmers – advisors – scientists**

FKZ: 03OE024

Projektnehmer:

Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL)
Weinstraße Süd 51, 67089 Bad Dürkheim
Tel.: +49 6322 98970-0
Fax: +49 6322 98970-1
E-Mail: info@soel.de
Internet: <http://www.soel.de>

Autoren:

Schmidt, Harald

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Schlussbericht

Forschungsprojekt Nr.: 03OE024

Untersuchung ackerbaulicher Probleme langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe

Kooperationsmodell Praxis – Beratung – Wissenschaft

Ausführung: Dr. Harald Schmidt,
Stiftung Ökologie und Landbau, Ahrweiler / Bad Dürkheim

Laufzeit: 01.04.2004 bis 30.06.2007

Berichtszeitraum: 01.04.2004 bis 30.06.2007

Zusammenarbeit mit anderen Stellen: Im Rahmen des Projekts wurde mit einer Vielzahl von Personen bzw. Institutionen aus den Bereichen Praxis, Beratung und Wissenschaft zusammengearbeitet. Im Einzelnen sind die beteiligten Personen im Anhang aufgeführt.

Besonders wichtig bei der Durchführung des Projekts war die Kooperation mit den beteiligten Betriebsleitern und den jeweiligen Beratern. Auch im Bereich der Wissenschaft wurde mit einer Reihe von Experten zusammengearbeitet, besonders intensiv mit folgenden Kooperationspartnern:

Universität Kassel, Witzenhausen, Prof. Dr. Rainer Jörgensen vom Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung und Dr. Christian Schüler vom Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau.

BBA, Münster, Dr. Johannes Hallmann vom Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde.

Fachhochschule Südwestfalen, Soest, Prof. Dr. Bernhard Carl Schäfer und Oliver Pflughöft.

Inhalt

Seite

1 Ziele und Aufgabenstellung	1
1.1 Planung und Ablauf des Projekts	2
1.2 Erkenntnisstand an den angeknüpft wurde	5
2 Durchführung und Ergebnisse	7
2.1 Einleitung	7
2.2 Zusammenhang von Humus und Getreideertrag	7
2.2.1 Einleitung und Durchführung	7
2.2.1.1 Auslöser	7
2.2.1.2 Fragestellungen	8
2.2.1.3 Auswahl der untersuchten Flächen	8
2.2.1.4 Material und Methoden	9
2.2.1.5 Betriebe und Schläge im Überblick	13
2.2.2 Betriebsübergreifende Auswertung	16
2.2.2.1 Parameterüberblick	16
2.2.2.2 Organische Substanz im Boden	18
2.2.2.3 Bodenbiologische Kenngrößen	25
2.2.2.4 Heißwasserlöslicher C und N im Boden	34
2.2.2.5 Faktoren der N-Versorgung	36
2.2.2.6 Faktoren des Getreideertrags	44
2.2.3 Zusammenfassung / Fazit	53
2.2.3.1 Organische Substanz im Boden – Faktoren und Einfluss auf den Getreideertrag	53
2.2.3.2 Faktoren der N-Versorgung und des Ertrags von Getreide	55
2.2.3.3 Charakteristische Betriebstypen	56
2.2.3.4 Kenngrößen zur Einschätzung von Standort, Boden und Bewirtschaftung	58
2.2.4 Individuelle Betriebsauswertung	59
2.2.4.1 Betriebsübersicht (mit Seitenzahlen)	59
2.2.4.2 Gliederung der einzelnen Betriebskapitel	60

2.3 Mehrjährige Schadnester in Getreidebeständen	115
2.3.1 Einleitung und Durchführung	115
2.3.1.1 Auslöser	115
2.3.1.2 Fragestellungen	115
2.3.1.3 Material und Methoden	115
2.3.1.4 Betriebe und Schläge im Überblick	120
2.3.2 Betriebsübergreifende Darstellung und Fazit	122
2.3.2.1 Symptome	122
2.3.2.2 Ursachen	122
2.3.2.3 Pflanzenparasitäre Nematoden	125
2.3.2.4 Zusammenfassung / Fazit	131
2.3.3 Individuelle Betriebsauswertung	133
2.3.3.1 Betriebsübersicht (mit Seitenzahlen)	133
2.3.3.2 Gliederung der einzelnen Betriebskapitel	134
2.3.4 Feld- und Gefäßversuche zur Nematodenproblematik	178
2.3.4.1 Feldversuche zur Pratylenchus-Regulierung	178
2.3.4.2 Gefäßversuch zur Problemanalyse	186
2.4 Schäden an Körnererbsen auf langjährig ökologischen Flächen	188
2.4.1 Einleitung und Durchführung	188
2.4.1.1 Auslöser	188
2.4.1.2 Fragestellungen	188
2.4.1.3 Material und Methoden	188
2.4.1.4 Betriebe und Schläge im Überblick	191
2.4.2 Betriebsübergreifende Darstellung und Fazit	193
2.4.2.1 Symptome	193
2.4.2.2 Ursachen	193
2.4.2.3 Fußkrankheiten an Erbsen, Ursachen und Regulierungsmaßnahmen	196
2.4.2.4 Zusammenfassung / Fazit	200
2.4.3 Individuelle Betriebsauswertung	201
2.4.3.1 Betriebsübersicht (mit Seitenzahlen)	201
2.4.3.2 Gliederung der einzelnen Betriebskapitel	201

2.5 Periphere Untersuchungsthemen	223
2.5.1 Langfristiger Ertragsrückgang bei Getreide auf einem Hohertragsstandort	223
2.5.1.1 Auslöser	223
2.5.1.2 Fragestellungen	223
2.5.1.3 Material und Methoden	223
2.5.1.4 Ergebnisse	224
2.5.1.5 Zusammenfassung / Fazit	228
2.5.2 Vergleich von Analyseergebnissen und Düngeempfehlungen nach VDLUFA und nach Kinsey Agricultural Services	229
2.5.2.1 Auslöser	229
2.5.2.2 Fragestellungen	229
2.5.2.3 Material und Methoden	229
2.5.2.4 Ergebnisse	230
2.5.2.5 Zusammenfassung / Fazit	236
2.6 Bewertung des Forschungsansatzes	238
3 Gegenüberstellung ursprünglich geplanter und erreichter Ziele	240
4 Literatur	241
5 Übersicht realisierter Veröffentlichungen	245
Anhang	246
Danksagung	247

Abkürzungen

↓	geschädigter Bereich eines Schlages
↑	nicht oder wenig geschädigter Bereich eines Schlages
AK	Arbeitskraft
Cmik	C in der mikrobiellen Biomasse des Bodens
Corg	C in der organischen Substanz des Bodens
GV	Großvieheinheit
KN-Gehalt	N-Gehalt im Korn
Korn-N	N-Menge im Korn
nFK	nutzbare Feldkapazität
Nmik	N in der mikrobiellen Biomasse des Bodens
Nmin	Nitrat & Ammonium im Boden
NminVert	Vertikale Nmin-Verteilung (% Nmin in 0-60 cm vom Nmin in 0-90 cm)
N-Saldo	Saldo der N-Bilanz
Nsom	Indikatorgröße für die sommerliche N-Mineralisation
Nt	Gesamter Stickstoff im Boden
OS	Organische Substanz im Boden
qCO ₂	Metabolischer Quotient
spp.	Arten
US	Untersaat
ZF	Zwischenfrucht

1 Ziele und Aufgabenstellung

Gesamtziel des Vorhabens

Eine Reihe langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe berichtet von ackerbaulichen Problemen mit ungeklärten Ursachen. Eine intensive und detaillierte Untersuchung durch die jeweilige Betriebsleitung oder von Seiten der Beratung ist in der Regel in solchen Fällen nicht leistbar. Neben dem Interesse der betroffenen Betriebe an einer Analyse der Problemursachen und an der Entwicklung von Lösungsstrategien kann es auch für den Ökolandbau insgesamt interessant sein, solche Fragestellungen zu untersuchen. Hierbei ist besonders die Bearbeitung von Problemen, die bei langjähriger Bewirtschaftung auftreten, für eine Bewertung bzw. Sicherung der Nachhaltigkeit des Systems Ökolandbau von großer Bedeutung.

Ziel des Projektes war es, durch eine tiefgehende Analyse solcher Probleme auf einzelnen Ökobetrieben, neue Erkenntnisse über die langfristige Funktionstüchtigkeit und mögliche Knackpunkte des ökologischen Landbaus zu erlangen. Darauf aufbauend sollten nach Möglichkeit Lösungsvorschläge zur Optimierung des Ökolandbaus erarbeitet werden.

Für eine positive Weiterentwicklung des Ökolandbaus ist eine effektive Zusammenarbeit von Praxis, Beratung und Wissenschaft notwendig. In der Realität wird jedoch oft - von allen Seiten - über die Qualität der Zusammenarbeit zwischen diesen Bereichen geklagt. Mit der Veranstaltung von Workshops und dem Aufbau von Netzwerken (u.a. vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau gefördert) wurden erste Schritte zu einer Vertiefung der Kontakte unternommen. Zum Teil ist bei diesen Maßnahmen jedoch die Beteiligung gering oder Teilnehmern – vor allem aus Praxis und Beratung – ist die Form der Zusammenarbeit zu unkonkret.

Im hier beschriebenen Projekt wurde ein Ansatz zu problemspezifischen Kooperationen auf einzelnen Betrieben geprüft, der im Vergleich zu den oben genannten Maßnahmen sehr konkret und praxisnah ist. Eine solche direkte Zusammenarbeit von Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern kann eine Möglichkeit sein, Schranken zu überwinden, und die Bereitschaft erhöhen, Kontakte weiter zu intensivieren und vor allem zu konkretisieren.

Arbeitsziele des Vorhabens

- Analyse ungeklärter ackerbaulicher Probleme auf langjährig ökologisch wirtschaftenden Betrieben und Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten.
Durch die Beratung vermittelte Betriebe werden evaluiert und von problemspezifischen Gruppen von Fachleuten (Betriebsleiter, Berater, Wissenschaftler) untersucht. Bei geklärter Ursache werden darauf aufbauend Lösungsmöglichkeiten erarbeitet.
- Problemspezifische Kooperation von Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern am Einzelfall.
Durch die enge Zusammenarbeit wird der Wissens- und Erfahrungstransfer zwischen den einzelnen Teilnehmern gefördert. Das Kennenlernen der Arbeits- und Denkweise, der spezifischen Bedingungen und Zwänge sowie anderer Eigenheiten der jeweils fremden Bereiche bietet die Chance zu mehr Verständnis untereinander und zu einer höheren Bereitschaft zu zukünftiger Kooperation.

- Aufarbeitung der untersuchten Betriebe zu Modellfällen.
Die Beispielbetriebe und ihre Probleme werden detailliert beschrieben. Vorgehensweise und Ergebnis der Untersuchungen werden zusammengefasst dargestellt und die Problemursachen den erarbeiteten Lösungsvorschlägen gegenübergestellt.
- Dokumentation, Bewertung und Kritik der praktizierten Form der Zusammenarbeit.
Es wird geprüft, inwieweit die angestrebten Ziele durch die einzelnen Arbeitsgruppen erreicht wurden. Positive und negative Aspekte der Form der Kooperation werden analysiert und gegebenenfalls Verbesserungsmöglichkeiten diskutiert.

Beitrag zur Förderung des Ökolandbaus:

- Neue Erkenntnisse zur Nachhaltigkeit des Ökolandbaus und Lösungsvorschläge für Probleme langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe.
- Förderung des Wissens- und Erkenntnistransfers zwischen Praxis, Beratung und Wissenschaft sowie Erhöhung der Bereitschaft zu Kooperationen.
- Erstellung von Materialien zur Unterstützung der Beratung im Bereich ökologischer Ackerbau.

1.1 Planung und Ablauf des Projekts

Die Arbeitsschritte laut Antrag und die entsprechende Durchführung sind hier komprimiert wiedergegeben. Die Projektlaufzeit war vom 01.02.2004 bis 30.11.2006 geplant. Nach verspätetem Beginn und Verlängerungen lief das Projekt tatsächlich vom 01.04.2004 bis zum 30.06.2007. In Tabelle 1 ist die Projektdurchführung als Balkenplan dargestellt.

Tab. 1.1: Balkenplan der Projektdurchführung (grau: geplant, schwarz: durchgeführt)

	2004				2005				2006				2007	
Projektteilbereich	02-03	04-06	07-09	10-12	01-03	04-06	07-09	10-12	01-03	04-06	07-09	10-12	01-03	04-06
Betriebs- & Expertenliste														
Evaluierung der Betriebe														
Problemanalyse														
Lösungsmöglichkeiten														
Bewertung der Zusammenarbeit														
Publikationen														

1. Betriebsliste

Geplant:

Erstellung einer Liste von langjährig ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit ungeklärten Ackerbauproblemen durch Befragung von Öko-Beratern und einer Liste von kooperationsbereiten Experten mit jeweiligem Kenntnisprofil.

Bundesweite Befragung von Öko-Beratern (telefonisch, Email) nach Betrieben die folgende Kriterien erfüllen:

- Der Betrieb wirtschaftet seit mindestens zehn Jahren ökologisch.
- In dem Betrieb treten seit mehreren Jahren gravierende ackerbaulichen Probleme auf.
- Diese Probleme wurden von Seiten der Beratung schon bearbeitet, eine eindeutige Ursache wurde bisher jedoch nicht gefunden.

Bundesweite telefonische Kontaktaufnahme zu Experten.

Im Vorfeld angefragte Experten und Berater (inkl. Betriebsvorschläge) mit Interesse am Projekt sind im Anhang aufgeführt.

Durchgeführt:

Nach Besuchen auf fünfzehn ausgewählten Betrieben sowie Gesprächen mit der jeweiligen Betriebsleitung und den Beratern erfolgte die Entscheidung zur vorrangigen Bearbeitung der drei Themen (1) Humus und Getreideertrag, (2) Schadnester in Getreide und (3) Schäden bei Körnererbsen. Bis auf wenige Ausnahmen wurden die untersuchten Betriebe deutlich länger als 10 Jahre ökologisch bewirtschaftet.

Für die Bearbeitung der Probleme war es möglich, zu den einzelnen Themen eine Reihe externer Experten aus der Wissenschaft zu gewinnen.

2. Evaluierung von Betrieben

Geplant:

Auswahl von ca. 20 Betrieben mit Hilfe von Vorinformationen der jeweiligen Berater nach folgenden Kriterien:

- Betriebsleiter, betreuender Berater und Projektleiter halten eine intensive Untersuchung des jeweiligen Problems für sinnvoll und notwendig.
- Betrieb und Betriebsleiter sind für eine kooperative Analyse geeignet.

Evaluation der Betriebe durch einen Besuch des Projektleiters. Detaillierte Erfassung der allgemeinen Betriebsdaten (Standort, Fruchtfolge, Produktionsverfahren etc.) und des spezifischen Problems mit Unterstützung des jeweiligen Beraters.

Durchgeführt:

Zu den oben genannten Themen wurden gezielt weitere Ökobetriebe mit ähnlichen Problemen gesucht. Insgesamt wurden dann 20 Betriebe für eine intensive Untersuchung ausgewählt. Die Evaluierung allgemeiner Betriebsdaten erfolgte über den gesamten Untersuchungszeitraum, um eine möglichst genaues Abbilden der Realität zu ermöglichen.

3. Untersuchung der jeweiligen Probleme auf ausgewählten Modellbetrieben

Geplant:

Auswahl von ca. 8 Betrieben, deren ackerbauliche Probleme intensiv untersucht werden. Bei Freiwerden von Kapazitäten während des Projektzeitraums werden weitere Modellbetriebe hinzugenommen. Die Untersuchung wird nach folgendem Schema durchgeführt:

- Diskussion der Probleme, möglicher Ursachen und der weiteren Vorgehensweise durch Betriebsleiter, Berater und Projektleiter.

- Zusammenstellung von betriebspezifischen Expertengruppen. Zusendung des Betriebsberichts und der detaillierten Problembeschreibung an die Experten. Zusammenstellung der Antworten/Einschätzungen der Experten.
- Auswertung der Expertenkommentare, Betriebsbesuche durch Experten, Festlegung des weiteren Vorgehens wie z.B. spezielle Beprobungen und Analysen von Boden und Pflanzen, Bonituren und/oder Planung von Feldversuchen etc.. Eine Festlegung von Untersuchungsprogrammen vor Projektbeginn ist nicht möglich, da die einzelnen Maßnahmen jeweils erst nach genauer Analyse des Problems mit den beteiligten Akteuren ausgewählt werden. Angestrebt werden Messwiederholungen, um die Streuung des entsprechenden Parameters ermitteln zu können. Feldversuche werden möglichst voll randomisiert (Blockanlage) oder als teilrandomisierte Anlagen (Spalt- o. Streifenanlage) mit mehreren Wiederholungen durchgeführt. Auf Betrieben mit ähnlich gelagerten Problemen werden vergleichbare Maßnahmen durchgeführt, so dass eine überbetriebliche Auswertung möglich ist. Alle Maßnahmen werden möglichst in zwei Jahren durchgeführt, um den Einfluss der Witterung berücksichtigen zu können.
- Durchführung des geplanten Programms; Auswertung der Ergebnisse durch Experten und Projektleiter; Treffen aller Beteiligten und Diskussion der Ergebnisse auf dem Betrieb. Wenn die Ursachen der Probleme weiterhin unklar bleiben, neue Festlegung des weiteren Vorgehens.

Durchgeführt:

Entgegen der Planung wurden alle unter Punkt 2 erwähnten 20 Betriebe intensiv untersucht. Aufwändige Feldversuche wurden hingegen nur auf wenigen Standorten durchgeführt. Das Vorgehen wurde unter Berücksichtigung der Ressourcen und der Betriebsbedingungen dem jeweiligen Problem angepasst. Zum Teil wurde dabei auf kleinräumige Wiederholungen bei der Probenahme zu Gunsten einer höheren Schlag- bzw. Betriebszahl verzichtet.

Die Probleme wurden intensiv mit den Praktikern, mit Beratern und mit Wissenschaftlern diskutiert. In größerem Rahmen geschah dies u.a. auf einem Feldtag und einem Workshop.

4. Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten auf den Modellbetrieben**Geplant:**

- Neue Zusammenstellung von problem- bzw. ursachenspezifischen Expertengruppen; Diskussion der Problemursachen und möglicher Lösungsmöglichkeiten.
- Auswahl von Lösungsansätzen mit dem jeweiligen Betriebsleiter und Berater; Überprüfung von Lösungsmöglichkeiten in Feldversuchen auf den Betrieben. Feldversuche werden möglichst voll randomisiert (Blockanlage) oder als teilrandomisierte Anlagen (Spalt- o. Streifenanlage) mit mindestens vier Wiederholungen durchgeführt. Bei Betrieben mit ähnlich gelagerten Lösungsansätzen werden auf diesen vergleichbare Maßnahmen durchgeführt, so dass eine überbetriebliche Auswertung möglich ist.

Durchgeführt:

Aufgrund der hohen Komplexität der untersuchten Problembereiche stand die Suche nach den Ursachen in der Projektlaufzeit im Vordergrund. Einzelne Lösungsansätze konnten im

Feld geprüft werden, andere Hinweise wurden aus dem Erkenntnisstand abgeleitet. In allen Bereichen war dabei ein intensiver Austausch mit den Praktikern, Beratern und Experten ein wesentlicher Bestandteil des Vorgehens.

5. Bewertung und Kritik der Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure

Geplant:

- Diskussion und Sammlung von Statements der verschiedenen Akteure.
- Kommentierung der Erfahrungen durch Experten im Bereich Kooperation / Kommunikation.

Durchgeführt:

Bei der Auswertung und Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse wurde der intensive Diskussionsprozess mit allen Beteiligten berücksichtigt und integriert. Die methodische Herangehensweise bzw. der Forschungsansatz wurde kritisch beleuchtet.

6. Wissenstransfer in die Praxis

Geplant:

- Die Untersuchung der Modellbetriebe und die Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten wird in Form eines vom Projektleiter koordinierten Wissens- bzw. Erfahrungsaustauschs zwischen Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern durchgeführt. Das Projekt an sich beruht somit auf dem Transfer zwischen den einzelnen Beteiligten.
- Die Ergebnisse aus den Modellbetrieben werden in Form einer Broschüre und im Internet (Zusammenfassung) der Praxis zur Verfügung gestellt. Zusammenfassungen und Ausschnitte werden in der Fachpresse veröffentlicht.
- Die Erfahrungen mit der hier geplanten Form der Zusammenarbeit werden in der Fachpresse veröffentlicht. Sie können als Beispiel bzw. als Anregung für mögliche Verbesserungen bei zukünftigen Kooperationen dienen.

Durchgeführt:

Während der gesamten Projektzeitraum erfolgte ein intensiver Austausch von Erfahrungen und Erkenntnissen zwischen den beteiligten. Durch die Aktivitäten im Projekt konnten dabei auch eine Reihe von Kontakten zwischen Wissenschaftlern Praktikern bzw. Beratern etabliert werden. Die Ergebnisse wurden in zwei eigenständigen Publikationen veröffentlicht – einem umfassenden Ergebnisbericht mit detaillierten Betriebsbeschreibungen sowie einer farbig bebilderten kurzen Zusammenfassung. Neben zwei schon publizierten wissenschaftlichen Artikeln sind auch noch weitere Veröffentlichungen in der Fachpresse geplant. Schon während der Projektlaufzeit wurden auf einer Reihe von Vortragsveranstaltungen einzelne Themen sowohl der Praxis als auch der Wissenschaft vorgestellt.

1.2 Erkenntnisstand an den angeknüpft wurde

Aus der Beratung wird von langjährig ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit z.T. gravierenden ackerbaulichen Problemen ungeklärter Ursache berichtet. Die Probleme äußern sich zum Teil in mehrjährigen allgemeinen Ertragsdepressionen oder auch durch längerfristige Anbauprobleme mit einzelnen Kulturarten. Auch nach Bearbeitung durch die jeweilige Beratung konnten die Probleme der Betriebe nicht eindeutig auf Managementfehler (Fruchtfolge,

Bodenbearbeitung, Düngung etc.) oder Standort- bzw. Umweltfaktoren (Witterung, Nährstoffversorgung, Krankheits- bzw. Schädlingsdruck) zurückgeführt werden. Die vorab zu diesem Thema befragten Öko-Berater nannten eine ganze Reihe von Betrieben, die diesen Kriterien entsprechen. Der Bedarf der Praxis nach einer intensiven Untersuchung dieser Form von Problembetrieben wurde bekräftigt. Bisher wurde, ohne eine tiefergehende Recherche, eine Liste mit über zwanzig Betrieben zusammengestellt.

Die Nachhaltigkeit wird als eine wesentliche positive Eigenschaft des Ökolandbaus genannt (u.a. ISERMEYER et al., 2001). Für eine Ausdehnung und Optimierung des Ökolandbaus muss deshalb die Aufklärung und Lösung von Problemen bei langfristiger Ökobewirtschaftung ein vorrangiges Ziel sein. Die Untersuchung solcher Probleme im klassischen Feldversuch ist kaum möglich. Der Zeitbedarf sowie der materielle und personelle Aufwand zur Untersuchung langfristiger Effekte ist dabei sehr groß und Ergebnisse sind erst nach vielen Jahren zu erwarten. Es bietet sich somit die Analyse von entsprechenden Praxisbetrieben an. Techniken des On-Farm-Research können dazu Wesentliches beitragen (STEIN-BACHINGER et al., 1999).

Bisher sind Untersuchungen auf Ökobetrieben vor allem beschreibender Natur oder sie dienen dem Test neuer Anbauverfahren und der Lösung von Problemen mit relativ klaren Ursachen. Die Problemanalyse mit Hilfe einer spezifischen Gruppe von Fachleuten ist hingegen ein nicht beschriebener Ansatz. Die vor Projektbeginn angefragten Berater und Wissenschaftler unterstützen die Zielsetzung und die geplante Herangehensweise und sind zu einer Kooperation im Rahmen eines Projekts bereit. Von den Beratern wurden schon eine Reihe von Betriebsbeispielen genannt. Von vielen wurde der Bedarf nach neuen Maßnahmen zur Verbesserung des Austauschs zwischen Praxis, Beratung und Wissenschaft besonders herausgestellt.

Bei der Auswertung der einzelnen Bereiche wurde themenspezifische Literatur verwendet, die Quellen sind im Kapitel Literatur aufgeführt.

2 Durchführung und Ergebnisse

2.1 Einleitung

Im Folgenden werden das Vorgehen und die Ergebnisse gegliedert nach den drei Untersuchungsschwerpunkthemen (1) Humus und Getreideertrag, (2) Schadnester in Getreide und (3) Schäden bei Körnererbsen detailliert beschrieben. Weitere nicht schwerpunktmäßig untersuchte Sachverhalte sind in einem extra Kapitel zusammengefasst. Dabei fließen sowohl Erfahrungen aus der Praxis, aus der Beratung und von wissenschaftlichen Experten, als auch Ergebnisse aus der Literatur mit ein. Angaben zur verwendeten und zu weiterführender Literatur finden sich im Kapitel Literatur. Die Kapitel zu den drei oben genannten Themen sind jeweils im Wesentlichen in zwei Abschnitte unterteilt. Zu Beginn werden Details zum Vorgehen und zu den verwendeten Methoden, die Ergebnisse aus einer betriebsübergreifenden Sicht dargestellt und diskutiert sowie ein Gesamt-Fazit gezogen. Der nachfolgende zweite Teil enthält detaillierte Beschreibungen der untersuchten Betriebe, jeweils verbunden mit einer betriebsbezogenen Darstellung und Analyse der Ergebnisse sowie ableitbaren Schlussfolgerungen.

2.2 Zusammenhang von Humus und Getreideertrag

2.2.1 Einleitung und Durchführung

2.2.1.1 Auslöser

Ausgangspunkt dieser Untersuchung waren Berichte von mehreren Ökobetrieben über geringe bzw. nachlassende Getreideerträge bei relativ hoher N-Zufuhr (Leguminosen & Düngung). Als eine mögliche Ursache wurde von den Betriebsleitern ein starker Anstieg der Humusgehalte und damit des Boden-N-Vorrates vermutet. Das würde bedeuten, dass der über den Leguminosenanbau und über Wirtschaftsdünger zugeführte N zu einem Großteil im Boden festgelegt und nicht in Ertrag umgesetzt wird. Gestützt wurde diese Vermutung durch Untersuchungsergebnisse von einem Betrieb die auf einzelnen Schlägen einen Humusanstieg um mehrere Prozent in den letzten fünfzehn Jahren dokumentieren. Gemeinsam ist diesen Betrieben, dass sie in Mittelgebirgsregionen wirtschaften und die Böden Humusgehalte über 3% aufweisen.

Aus der oben genannten Problembeschreibung und unter Berücksichtigung von Berichten anderer Betriebe über Probleme mit der N-Mineralisation bzw. der Humusentwicklung wurde in Zusammenarbeit mit Experten ein Untersuchungskonzept entwickelt. Von Seiten der Wissenschaft konnten insbesondere Prof. Dr. Rainer Jörgensen und Dr. Christian Schüller von der Universität Kassel, Witzenhausen für eine intensive Zusammenarbeit gewonnen werden.

2.2.1.2 Fragestellungen

- Welchen Einfluss haben Standort und Bewirtschaftung auf die Menge und die Eigenschaften der organischen Substanz im Boden?
- Wie hängen Menge und Eigenschaften der organischen Substanz mit der N-Versorgung und der Ertragsbildung von Getreide zusammen?
- Welches sind die wesentlichen Faktoren der N-Versorgung und des Ertrags von Getreide?
- Welche der gewählten Kenngrößen können die Einschätzung des Betriebsleiters über Eigenschaften des Standorts, des Bodens und des Bewirtschaftungssystems sowie von Vorgängen im Boden wesentlich unterstützen oder erweitern?

2.2.1.3 Auswahl der untersuchten Flächen

Betriebe: Insgesamt wurden in den Jahren 2005 und 2006 neun möglichst langjährig ökologisch wirtschaftende Betriebe untersucht. Vier dieser Betriebe liegen in Mittelgebirgen bei einer Höhe um 600 m über NN und bewirtschaften Böden mit Humusgehalten über 3%. Die anderen fünf Betriebe umfassen ein weites Spektrum an Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen. Sie wurden als Vergleichsbetriebe mit in die Untersuchung aufgenommen. Aufgrund des begrenzten Budgets wurden dabei vor allem Betriebe ausgewählt, die schon mit anderen Fragestellungen am Forschungsprojekt beteiligt waren. Die Auswahl ist somit nicht für den Ökolandbau insgesamt repräsentativ.

Schläge: Für die Untersuchung wurden je Betrieb und Jahr mindestens zwei Schläge ausgewählt. Um möglichst vergleichbare Ergebnisse zu erhalten wurden dabei folgende Kriterien zu Grunde gelegt:

- Boden und Bewirtschaftung: für den jeweiligen Betrieb repräsentativ
- Hauptfrucht im Untersuchungsjahr: Wintergetreide
- Vorfrucht: jeweils ein Schlag mit Klee gras oder einjähriger Leguminosen-Gründüngung und ein Schlag mit Getreide
- Düngung: möglichst keine zur Vorfrucht; keine Düngung im Untersuchungsjahr

In den Jahren 2005 und 2006 wurden insgesamt 39 Schläge untersucht. Abweichend zu den Kriterien wurden zwei Schläge mit der Hauptfrucht Sommergerste untersucht. Im Vorjahr der Untersuchung wurden insgesamt sechs Schläge organisch gedüngt.

Es muss an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die untersuchten Getreidebestände nicht gedüngt wurden, auch wenn dies im normalen Ablauf des Bewirtschaftungssystems geplant war. Hierdurch sollten die bekannten kurzfristigen Effekte einer Düngung auf die Eigenschaften der organischen Substanz im Boden und auf das Pflanzenwachstum ausgeblendet werden, um Aussagen über Bodeneigenschaften zu erlangen.

Messpunkte: Die Boden- und Pflanzenuntersuchungen wurden auf jedem Schlag in drei Wiederholungen durchgeführt (Nmin nur zwei). Die drei Messpunkte lagen meist in einer Reihe, jeweils ca. 15 m voneinander entfernt. Die Beprobung erfolgte in einem Umkreis von 3 m (Radius) um den Punkt.

2.2.1.4 Material und Methoden

Soweit nicht anders vermerkt, wurden die Tätigkeiten durch Projektmitarbeiter oder beteiligte Betriebleiter ausgeführt.

Beprobung: Entnahme von Bodenbeprobung zur Nmin-Bestimmung im November (Vorjahr) auf 10 ausgewählten Schlägen aus den Schichten 0-30, 30-60 und 60-90 cm. Es wurden jeweils drei Einstiche an den beiden äußeren Messpunkten durchgeführt. Nach gleichem Vorgehen erfolgte eine Beprobung aller Schläge im Zeitraum März-April. Die wurden gekühlt transportiert und gefroren gelagert.

Für weitere Bodenparameter wurden an jedem Messpunkt 8 Einstiche auf 20 cm entnommen. Für mikrobiologische Parameter erfolgte der Transport und die Lagerung von Teilproben gekühlt (4°C). Chemische und physikalische Parameter wurden aus luftgetrockneten Teilproben bestimmt.

Die Bestimmung der Trockenrohdichte des Bodens (nur 2006) erfolgte durch die Entnahme von drei 400 cm³-Stechzylindern (5 – 20 cm) je Messpunkt und Bestimmung des Trockengewichts (105°C).

Die Getreideertragsbestimmung und die Erfassung von Kornproben wurde 2005 an zwei und 2006 an drei Messpunkten jeweils bei vier 1-m-Abschnitten verschiedener, möglichst lückenloser Drillreihen durchgeführt.

Standort-, Betriebs- und Bewirtschaftungsangaben: Die Betriebsleiter wurden nach Angaben zu Fruchtfolge, Düngung, Strohverbleib, Klee grasmanagement, Ackerzahl und Standortbesonderheiten je Schlag (möglichst für 10 oder mehr Jahre) sowie nach allgemeinen Informationen zum gesamten Betrieb befragt. Für sieben Betriebe wurden die Witterungsdaten von den nächstgelegenen Stationen des Deutschen Wetterdienstes, soweit vorhanden aus den letzten 25 Jahre, verwendet. Bei zwei Betrieben waren Witterungsdaten des agrarmeteorologischen Messnetzes in Bayern verfügbar.

Ermittlung physikalischer & chemischer Bodenparameter: Vorbereitend wurden die luftgetrockneten Proben auf 2 mm gesiebt und der Steinanteil (>2mm) bestimmt. Die Methoden sind Tabelle 2.1 aufgeführt.

Zur Berücksichtigung der vertikalen Nmin-Verteilung wurde der prozentuale Anteil Nmin in 0-60 cm vom Nmin in 0-90 cm berechnet (NminVert).

Als Maß für sommerliche N-Mineralisation (N_{som}) wurde das Ergebnis der folgenden Berechnung verwendet: Differenz "(N-Menge im Korn zur Ernte x1,5 (Zuschlag für N im Stroh & Wurzeln)) – (Nmin-Menge im Frühjahr)". Diese Größe ist als Indikator der sommerlichen N-Mineralisation gedacht, sie ist kein Maß der tatsächlichen N-Netto-Mineralisation.

Die Berechnung der Feldkapazität erfolgte unter Berücksichtigung von Bodenart und -typ nach FELDWISCH et al. (1999).

Tabelle 2.1: Analysemethoden für physikalischer & chemischer Bodenparameter

Parameter	Methode	Quelle	Durchführung
Sand-, Schluff- & Tonanteil		DIN 19683b, 1973	Uni Kassel ¹
Corg, Nt	Elementar-Autoanalyser		TU München ²
Org. Substanz	Corg x 1,724		
pH	0,01 M CaCl ₂	HOFFMANN, 1991	
P ₂ O ₅ , K ₂ O	CAL		
Mg	0.01 M CaCl ₂		
Bor	heißwasserlöslich		
Fe, Cu, Mn, Zn	CAT		
Nmin: NO ₃ -N + NH ₄ -N	0,01 M CaCl ₂ , Autoanalyser		Uni Bonn ³
heißwasserlösliches C & N (Chwl & Nhw)	H ₂ O, 60 min. kochen, CN-Analyser	KÖRSCHENS et al., 1990	UFZ ⁴

¹ Universität Kassel, Witzenhausen, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung

² Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Bioanalytik Weihenstephan

³ Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Bereich Pflanzenernährung

⁴ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Department Bodenökologie, Halle

Bodenbiologische Untersuchungen: Vorbereitend wurden die luftgetrockneten Proben auf 2 mm gesiebt. Die Methoden sind Tabelle 2.2 aufgeführt.

Tabelle 2.2: Analysemethoden für biologische Bodenparameter

Parameter	Methode	Quelle	Durchführung
Mikrobielle Biomasse: Cmik & Nmik	Chloroform-Fumigation-Extraktion	BROOKES et al., 1985; VANCE et al., 1987	Uni Kassel ¹
Mikrobielle Biomasse: Pmik	Chloroform-Fumigation-Extraktion	JÖRGENSEN et al., 1995	
Ergosterol	Äthanol-Extraktion, HPLC	DJAJAKIRANA et al. 1996	
Respirationsrate (Basalatmung)	4 Tage Inkubation bei 25°C	ISERMEYER, 1952	
qCO ₂ : mgCO ₂ -C (Basalatmung) /g Cmik / Tag			
Aerobe N-Mineralisation	28 Tage Inkubation bei 25°C	JÖRGENSEN, 2005	

¹ Universität Kassel, Witzenhausen, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung

Getreideertrag: Die Getreideproben wurden mit einer Einzelpflanzendreschmaschine gedroschen. Bei 60°C wurde die Trockenmasse bestimmt, die Bestimmung des N-Gehaltes erfolgte mit einem Autoanalyser (durch TUM, Bioanalytik Weihenstephan). Zur Berücksichtigung des getreideartspezifisches Ertrags- und N-Gehaltspotential wurde jeweils der Mittelwert aller Stichproben einer Getreideart der Messgrößen Ertrag bzw. N-Gehalt im Korn verwendet.

Humus-Bilanz: Die Berechnung von Humusbilanzen erfolgte nach Angaben der Betriebsleitung unter Verwendung der Koeffizienten nach VDLUFA (2004). Bilanzgrößen wurden für unterschiedliche Zeiträume sowie von einzelnen Teilergebnissen (z.B. Strohdüngungs-C, Bilanz ohne organische Düngung, nur organische Düngung) berechnet.

Inwieweit die Ergebnisse die tatsächliche Realität abbilden ist jedoch unklar. Hierzu Zitate aus dem VDLUFA-Standpunkt zur Humusbilanzierung (VDLUFA, 2004): "Zur weiteren Differenzierung für verschiedene Standortbedingungen und Bewirtschaftungssysteme sind Langzeitexperimente erforderlich." ... "Der Kenntnisstand über den bewirtschaftungsspezifischen Humusbedarf moderner Anbausysteme muss verbessert werden." ... "Die Humus-Reproduktionsleistung von Stroh in Abhängigkeit von Standort, Bodenbearbeitung und N-Status der Böden bedarf einer kurzfristigen Präzisierung." ... "Für den ökologischen Landbau ist eine Präzisierung des Humusbedarfes erforderlich." ... "Das vorgestellte Verfahren zur Humusbilanzierung bedarf einer weiteren Validierung und einer laufenden Anpassung an den verfügbaren Kenntnisstand. Dies gilt auch für die derzeitige Gruppenzuordnung (A – E) der Humussalden".

N-Bilanz: Die Berechnung der N-Bilanz erfolgte nach Angaben der Betriebsleitung. Hierbei wurden auch Bilanzgrößen für unterschiedliche Zeiträume sowie von einzelnen Teilergebnissen (z.B. Bilanz ohne organische Düngung, nur organische Düngung) berechnet. Neben den Betriebsangaben wurden für N-Gehalte von Erntegut und Düngern Werte nach Stein-Bachinger et al. (2004) und KTBL (2005) verwendet. Für den N-Input durch Leguminosen wurde von folgenden Größenordnungen ausgegangen (kg/ha): Gründüngungs-Hauptfrucht 100-150, Futter-Hauptfrucht 50-80, Untersaaten 50-60, Zwischenfrüchte 30. Eine Berücksichtigung von N-Einträgen mit Niederschlägen oder durch freilebende, N-fixierende Mikroorganismen sowie von N-Verlusten durch Nitratverlagerung bzw. Denitrifikation erfolgte nicht.

Die oben aufgeführten Einschränkungen zu den Ergebnissen der Humusbilanzierung gelten im wesentliche auch für die N-Bilanz-Ergebnisse.

Auswertung: Im ersten Schritt wurden die Ergebnisse über alle Betriebe und Schläge hinweg ausgewertet und dargestellt. Mit Hilfe statistischer Methoden wurden dabei z. B. Zusammenhänge geprüft und beschrieben. Die Berücksichtigung spezieller Situationen bei Einzelfällen erfolgte anhand von Beispielen. Weiterhin wurde die Bedeutung wesentlicher Messgrößen erläutert und diskutiert. Der zweite Schritt der Auswertung besteht aus der Analyse der Ergebnisse hinsichtlich ihrer Bedeutung für die einzelnen Betriebe und Schläge.

Für die statistischen Verfahren Korrelation, Regression und multiple Regression wurde das Programm SPSS verwendet.

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurden einige wenige der erfassten Parameter nicht berücksichtigt. Ein Grund hierfür war z.B. eine sehr hohe Streuung innerhalb der Wiederholungen, die eine Differenzierung der einzelnen Schläge nicht zuließ. In Tabelle 2.3 sind die verwendeten Parameter zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 2.3: Auf den Betrieben erfasste Merkmalen und Messgrößen

Standort	Bewirtschaftung
Ackerzahl Höhe über NN Langjährige Witterung: Ø Jahrestemperatur Ø Frosttage pro Jahr Ø Niederschlagssummen pro Jahr Aktuelle Witterung: Temperatur und Niederschlag für verschiedene Zeitabschnitte gemittelt bzw. summiert	Ermittelt: Vorfrucht Fruchtfolgeanteile von Klee gras/ Gründüngung, Getreide, Hackfrüchten, Körnerleguminosen, Zwischenfrüchten, Untersaaten & Getreide-Strohdüngung Mist- & Gölledüngung (10 & 3 Vorjahre) Zeitraum vom Umbruch der Vorfrucht bis Ende des Jahres Berechnet / geschätzt: Humusbilanz (C-Bilanz; langjährig & 3 Vorjahre): gesamt, nur Fruchtfolge, nur org. Düngung, nur Strohdüngung N-Bilanz (langjährig, 3 Vorjahre, Vorjahr): gesamt, nur org. Düngung, N- Zufuhr/Markfrucht (N-Versorgung) Verhältnis der Salden: Humus- & N-Bilanz
Boden (physikalisch & chemisch)	Organische Substanz
Gemessen: Stein-, Sand-, Schluff- & Tonanteil Rohdichte pH-Wert Verfügbares P ₂ O ₅ , K ₂ O & Mg Nmin & Wassergehalt (0-30, 30-60 & 60-90 cm) Berechnet / geschätzt: Nutzbare Feldkapazität (nFk) N-Mineralisation von Beprobung bis Ernte (Nsom) abgeleitet aus N-Menge im Korn und Nmin im Frühjahr	Gemessen: Organischer Kohlenstoff (Corg) Gesamter Stickstoff (Nt) Mikrobielle Biomasse (Cmik, Nmik) Ergosterol Basalatmung des Bodenlebens Berechnet: Corg/Nt (C/N) Cmik/Corg, Nmik/Nt Cmik/Nmik, Ergosterol/Cmik CO ₂ /Cmik (Metabolischer Quotient, qCO ₂)
Getreide	
Gemessen: Kornertrag (Ertrag) N-Gehalt des Kornes (KN-Gehalt) Berechnet: N-Menge im Korn (Korn-N)	

2.2.1.5 Betriebe und Schläge im Überblick

Im Folgenden werden kurz einzelne Merkmale der neun Betriebe (B1 – B9) vergleichend dargestellt. Auf den Seiten 61-114 sind die einzelnen Betriebe und Schläge detailliert beschrieben. Eine Betriebsübersicht mit Kurzbeschreibungen findet sich am Anfang des Kapitels.

Klima: Die ausgewählten Betriebe umfassen ein weites Spektrum an Standortbedingungen und Bewirtschaftungssystemen. Von warm-feuchten Bedingungen im nördlichen Niedersachsen reicht das Klima über mittlere Temperaturen und Niederschlagsmengen im nordhessischen Bergland und im Spessart bis zum kühl-trockenen östlichen Vorland des Fichtelgebirges und zum kühl-feuchten Westrand der schwäbischen Alb (Abb. 2.1 & Tab. 2.4).

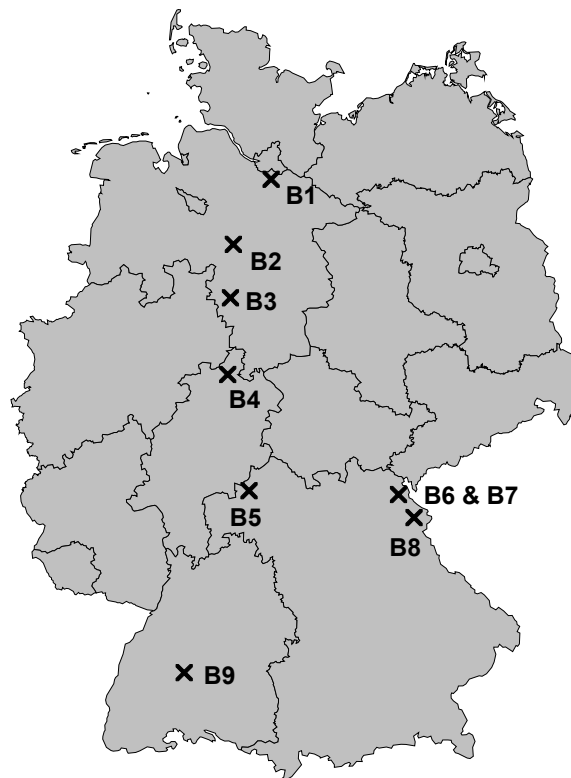


Abbildung 2.1: Geographische Lage der Betriebe B1 bis B9

Boden: Das Spektrum der Böden der untersuchten Schläge reicht von steinreichen sandigen Granit- und Glimmervwitterungsböden (z.B. B6, B7 & B8) über Heidesande (B2), tonige Böden auf Mergel (B9), Sandsteinverwitterungsböden (B5) bis hin zu Lehmen und sandigen Lehmen auf Löß (z.B. B1, B3 & B4). Die Ackerzahlen in Abbildung 2.2 bieten einen zusammenfassenden Überblick über die unterschiedlichen Standortvoraussetzungen.

Bewirtschaftung: Auch die Bewirtschaftung der Betriebe unterscheidet sich zum Teil stark (Tab. 2.4). Der Viehbesatz reicht von 1,1 GV/ha (B8) bis hin zu viehlosen Systemen (B1 & B2). Bei den viehhaltenden Betrieben überwiegt die Rinderhaltung, in geringem Maße wird auf einzelnen Höfen aber auch Geflügel gehalten. Der Klee gras- und der Getreideanteil in den Fruchtfolgen variiert stark zwischen den Betrieben. Relevanter Hackfruchtanbau wird nur auf vier Betrieben durchgeführt. Auch zwischen den Schlägen der einzelnen Betriebe weist die Bewirtschaftung zum Teil große Unterschiede auf.

Tabelle 2.4: Ausgewählte Standort- und Bewirtschaftungsmerkmale der neun Betriebe (Fruchtanteile: Durchschnitt der untersuchten Schläge)

	Betrieb								
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Höhe [m ü. NN]	29	47	82	238	292	591	573	590	566
Ø Temperatur [°C]	9,6	9,7	9,8	9,1	8,8	7,1	7,1	7,2	7,9
Ø Niederschlag [mm/a]	731	710	737	700	700	620	620	720	900
Ø Frosttage	30	31	29	40	47	71	71	69	54
Ökologisch seit	1983	1989	1991	1998	1987	1991	1991	1991	1992
Viehbesatz [GV/ha]	0,00	0,00	0,75	0,60	0,50	0,30	0,30	1,10	0,26
Ø Klee grasanteil ¹ [%]	30	10	18	21	27	23	22	46	36
Ø Getreideanteil [%]	53	90 ²	33	62	57	60	62	54	51
Ø Hackfruchtanteil [%]	18	0	31	6	0	1	0	0	9

¹ Klee gras hauptfrucht (Futter & Gründüngung) bzw. Körnerleguminosengründüngung.

² Getreide in weiter Reihe mit Leguminosenuntersaat

Erträge: Die Ertragsschätzungen der Betriebsleiter für die untersuchten Getreidebestände in den Jahren 2005 und 2006 zeigen eine weite Spanne des Ertragsniveaus zwischen den einzelnen Betrieben aber auch zwischen den verschiedenen untersuchten Beständen eines Betriebes (Abb. 2.2). Der niedrigste Ertrag wurde mit 15 dt/ha bei einem Triticale-Bestand auf B5 und der höchste mit 60 dt/ha bei einem Roggenbestand auf B1 geschätzt. Besonders hohe Getreideerträge erzielten B1, B3 und B4, während B2 und B9 im unteren Bereich liegen. Die größten Unterschiede zwischen einzelnen Schlägen traten bei B1, B5 und B6 auf. Bei B1 und B5 kann dies unter anderem auf die großen Bodenunterschiede innerhalb der Betriebe zurückgeführt werden.

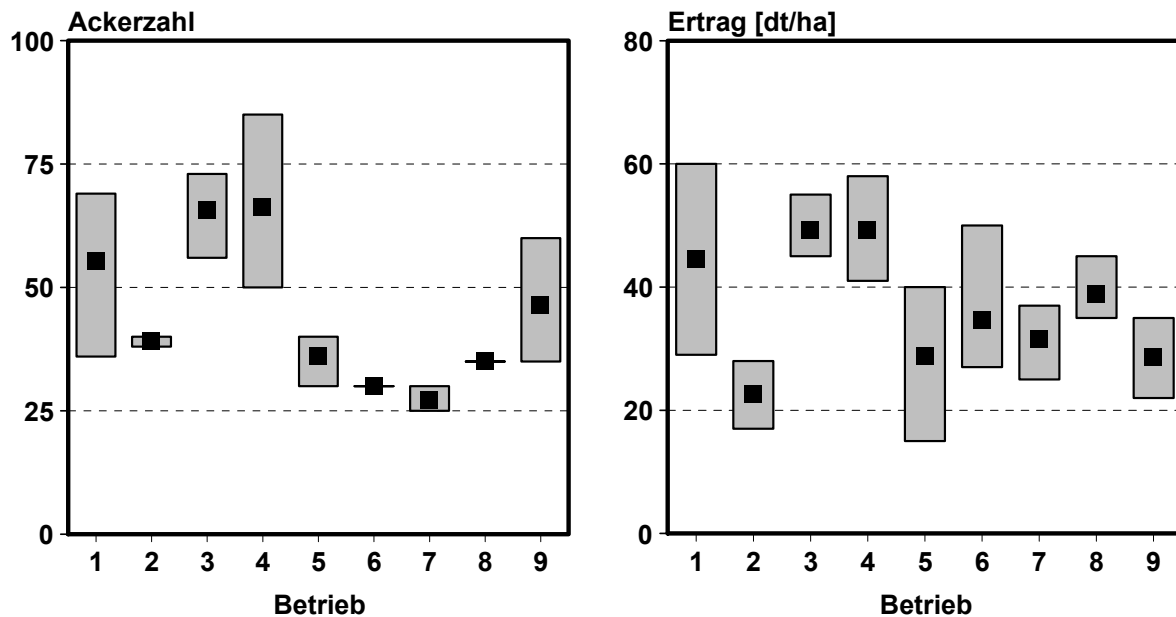


Abbildung 2.2: Links: Ackerzahlen; rechts: Getreideerträge (Betriebsleiterschätzung); jeweils Spannbreite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9

Bilanzen: Humus- und N-Bilanzen dienen der Bewertung von Bewirtschaftungssystemen (Fruchtfolge & Düngung) hinsichtlich ihrer langfristigen Funktionsfähigkeit. Dabei beruhen jedoch viele Berechnungsgrundlagen auf Schätzungen, so dass die Ergebnisse der Bilanzen nur als grobe Hinweise zu werten sind (siehe auch Beschreibung von Material und Methoden im Anhang). Deutlich negative Bilanzsalden sind ein Zeichen für die Möglichkeit eines langfristigen Abbaus des Humus- bzw. des N-Vorrates im Boden. Stark positive Salden sind hingegen ein Anhaltspunkt für den Zuwachs von Humus- und N-Gehalt, können aber z.B. bei der N-Bilanz auch ein Hinweis auf erhöhte N-Verluste, z.B. durch Nitratverlagerung, sein. Eine Reihe von Experten geht davon aus, dass die hier verwendete Humusbilanzmethode eher zu hohe Salden liefert, anerkannte exaktere Methoden sind zur Zeit jedoch nicht verfügbar.

Die durchschnittlichen N-Bilanzsalden der neun Betriebe liegen im ausgeglichenen bis positiven Bereich. Nur bei einzelnen Schlägen von B3 wurden deutlich negative Werte errechnet. Auch die Humusbilanzsalden der untersuchten Betriebe sind in ihrer Mehrzahl ausgeglichen bis positiv. Nur Schläge von B3 und B4 weisen, vor allem aufgrund hoher Hackfruchtanteile in der Fruchtfolge, stark negative Werte auf. Die Salden von über 25 kg N/ha*a bzw. 200 kg Humus-C/ha*a bei B5 und B8 sind vor allem auf die hohen Klee gras-Anbauanteile und die intensive organische Düngung auf diesen Betrieben zurückzuführen. Inwieweit die hohen Salden bei B2 realistisch sind, ist zur Zeit kaum zu bewerten, da zu dem dort fast kontinuierlich durchgeführten Getreideanbau in weiter Reihe mit Leguminosenuntersaat noch keine langjährigen Forschungsergebnisse hinsichtlich Humus- und N-Bilanz existieren.

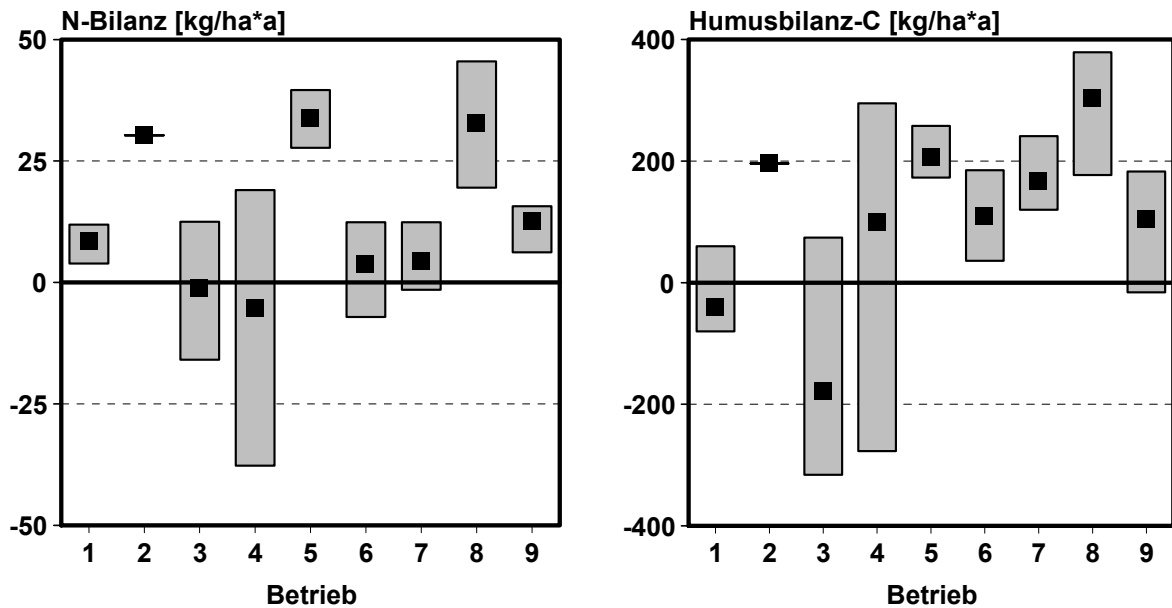


Abbildung 2.3: Links: N-Bilanzsalden; rechts: Humusbilanzsalden; jeweils Spannbreite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9

2.2.2 Betriebsübergreifende Auswertung

2.2.2.1 Parameterüberblick

Wie die großen Unterschiede in Lage und System der Betriebe erwarten lassen, weisen sowohl die Standort- und Managementparameter als auch die quantitativen und qualitativen Parameter der organischen Substanz im Boden eine große Spannweite auf (Tab. 2.5). Niedrige Werte beim Verhältnis von mittlerer Standardabweichungen (SA) je Schlag zur gesamten SA (SA%) lassen auf eine hohe Differenzierung zwischen den einzelnen Schlägen schließen. Mit Parametern die hohe SA%-Werte aufweisen ist eine Charakterisierung einzelner Schläge weniger deutlich.

Besonders niedrige SA%-Werte wiesen bodenphysikalische und bodenchemische Messgrößen wie z.B. Sand-, Schluff- und Steinanteil sowie, Corg, Nt und Mg auf. Die höchsten SA%-Werte wurden bei den Messgrößen aerobe N-Mineralisation (Nminbio), Cmik/Pmik und Cmik/Nmik auf.

Tabelle 2.5: Mittelwerte, Minimum und Maximum der untersuchten Messgrößen sowie das Verhältnis von mittlerer Standardabweichungen je Schlag zur gesamten Standardabweichung (SA%)

Parameter	Mittel	Min.	Max.	SA%
Corg [%]	1,75	0,84	3,79	13
Nt [%]	0,18	0,10	0,39	13
Corg/Nt: C/N	9,79	7,32	12,76	22
Chwl [ppm]	778	374	1284	17
Nhwl [ppm]	59,5	28,9	98,1	19
C/Nhwl	13,0	11,0	16,6	41
Chwl/Corg [%]	4,56	2,45	8,18	40
Nhwl/Nt [%]	3,46	1,43	5,69	32
Cmik [µg/g]	264	76	693	24
Nmik [µg/g]	45,2	11,3	114,5	20
Pmik [µg/g]	23,3	5,4	57,7	30
Cmik/Nmik	5,94	3,47	8,87	50
Cmik/Corg [% Corg]	1,51	0,69	2,85	37
Nmik/Nt [% Nt]	2,50	1,03	5,01	31
Cmik/Pmik	11,8	3,6	25,8	61
Pmik/POlson [% POlson]	134	13	2507	7
Ergosterolgehalt: Erg [µg/g]	0,79	0,11	3,89	24
Ergosterol/Corg [% Cmik]	0,31	0,09	0,99	42
Basalatmung: CO2 [µg/g/d]	19,0	3,4	60,4	20
CO2/Cmik: qCO2 [mgCO2/gCmik/d]	75,1	11,9	196,9	37
aerobe N-Mineral.: Nminbio [µg/g/d]	0,81	0,11	1,81	68
Nminbio(28d)/Nt: QNminbio [% Nt]	1,38	0,16	3,65	68
CO2/Nminbio	31,7	2,7	200,5	41
Steine [%]	12,2	0,0	48,5	9
Sand [%]	35,8	1,6	83,7	10
Schluff [%]	46,3	10,6	83,2	13
Ton [%]	17,4	2,9	61,6	22
Rohdichte [g/cm³]	1,26	0,90	1,50	17
pH	6,07	5,10	7,30	23
P ₂ O ₅ CAL [mg/100g]	11,6	1,0	34,0	20
P ₂ O ₅ Olson [mg/100g]	8,9	0,5	20,8	19
K ₂ O CAL [mg/100g]	16,3	6,0	47,0	29
Mg CaCl ₂ [mg/100g]	14,7	3,0	54,0	12
Cu CAT [ppm]	2,3	0,8	7,3	13
Fe CAT [ppm]	125	58	269	21
Mn CAT [ppm]	120	16	445	10
Zn CAT [ppm]	2,5	0,9	5,4	21
B Hwl [ppm]	0,44	0,10	1,20	43
Nmin [kg/ha]	69,2	24	138	35
Ertrag [dt TM/ha]	42,0	15,3	85,1	21
Korn-N-Gehalt [%]	1,73	1,20	2,62	24
Korn-N [kg/ha]	73,5	20,13	153,3	20
Nsom [kg/ha]	41,1	-34,3	175,7	24

2.2.2.2 Organische Substanz im Boden

Allgemeines: Die organische Substanz des Bodens setzt sich aus verschiedenen Fraktionen zusammen (Abb. 2.4). Im Vergleich zur toten organischen Substanz, dem Humus, spielt die belebte Substanz aus Wurzeln, Mikroorganismen und Bodentieren mengenmäßig eine untergeordnete Rolle. Die Umsetzungsprozesse im Boden sind jedoch vor allem durch das Bodenleben geprägt. Bei der so genannten Humusanalyse wird meist der Kohlenstoffgehalt (C-Gehalt) der gesamten organischen Substanz bestimmt und dann mit einem festen Faktor auf die organische Substanz umgerechnet.

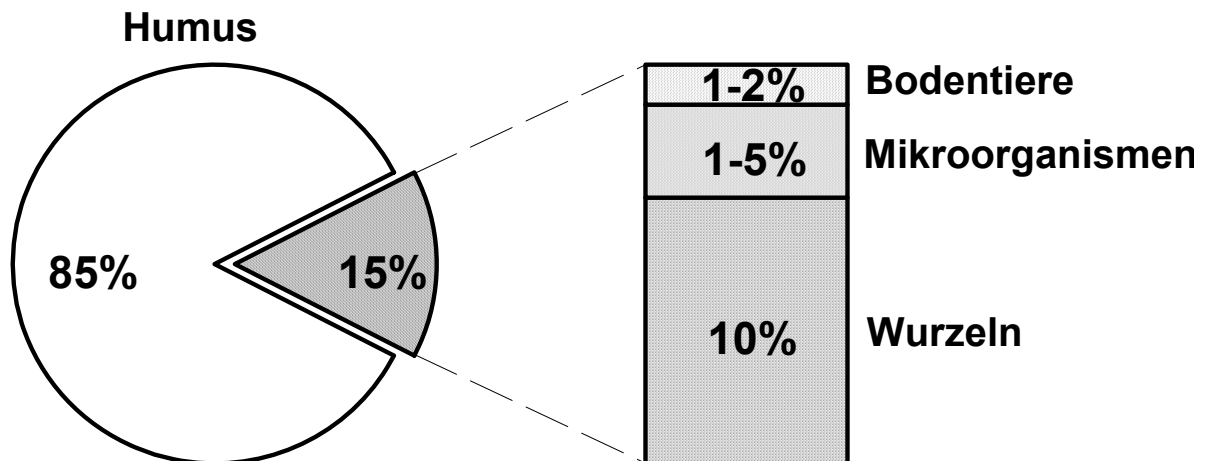


Abbildung 2.4: Durchschnittliche Zusammensetzung der organischen Substanz im Boden (nach BÖHLMANN, 1982)

Durch hohe Gehalte an organischer Substanz werden z.B. folgende landwirtschaftlich wichtige Bodeneigenschaften positiv beeinflusst: Struktur, Erosionsneigung, Wasserverdaulichkeit und -haltefähigkeit, Erwärmbarkeit, und Nährstoffspeicherung. Unterschiede in der Menge an organischer Substanz zwischen verschiedenen Böden werden durch eine Vielzahl von Faktoren hervorgerufen. Sowohl die Standortbedingungen Klima, Bodenart, Neigung der Fläche, Unterboden etc. als auch der Einfluss der Bewirtschaftung sind dabei von großer Bedeutung. Veränderungen des Gehaltes an organischer Substanz im Boden sind nur langfristig (eher in Jahrzehnten als in Jahren) messbar.

Gehalt an organischer Substanz im Boden (OS): Die OS-Gehalte weisen zwischen den Betrieben eine weite Spanne auf sie reichen von 1,9% bei B3 bis 6,5% bei B9 (Abb. 2.5). Zwischen den Schlägen der einzelnen Betriebe ist die Variation meist relativ gering. Bei der Prüfung von möglichen Einflussfaktoren auf den OS-Gehalt mit Hilfe der Korrelationsanalyse ergaben vor allem Standortparameter wie Klima und Bodenart (Stein-, Schluff- & Sandanteil) enge Zusammenhänge (Tab. 2.6). Auch die Korrelationsanalyse von OS-Gehalt und Bewirtschaftungsgrößen weist einige signifikante Zusammenhänge aus. Der bekannte positive Zusammenhang von Klee gras- bzw. Gründüngungsanteil in der Fruchtfolge und OS-Menge wird mit einem Korrelationskoeffizienten

von 0,34 in dieser Untersuchung bestätigt. Auch die deutlichen, negativen Zusammenhänge zwischen der Anzahl der Jahre ohne Klee gras vor der Beprobung und der durchschnittlichen Pflugtiefe mit der OS-Menge bestätigen bekannte Ergebnisse. Eine Verbindung zwischen Humusbilanz und OS-Gehalt konnte hingegen nicht nachgewiesen werden. Hierfür können unterschiedliche Gründe verantwortlich sein. Zum einen kann das an der Ungenauigkeit der relativ groben Humusbilanzmethode liegen, die nur die Fruchtfolge und die Düngung berücksichtigt (siehe auch Beschreibung von Material und Methoden im Anhang). Auf der anderen Seite können aber auch die anderen Einflussfaktoren, wie z.B. Klima und Bodenart Zusammenhänge überdecken.

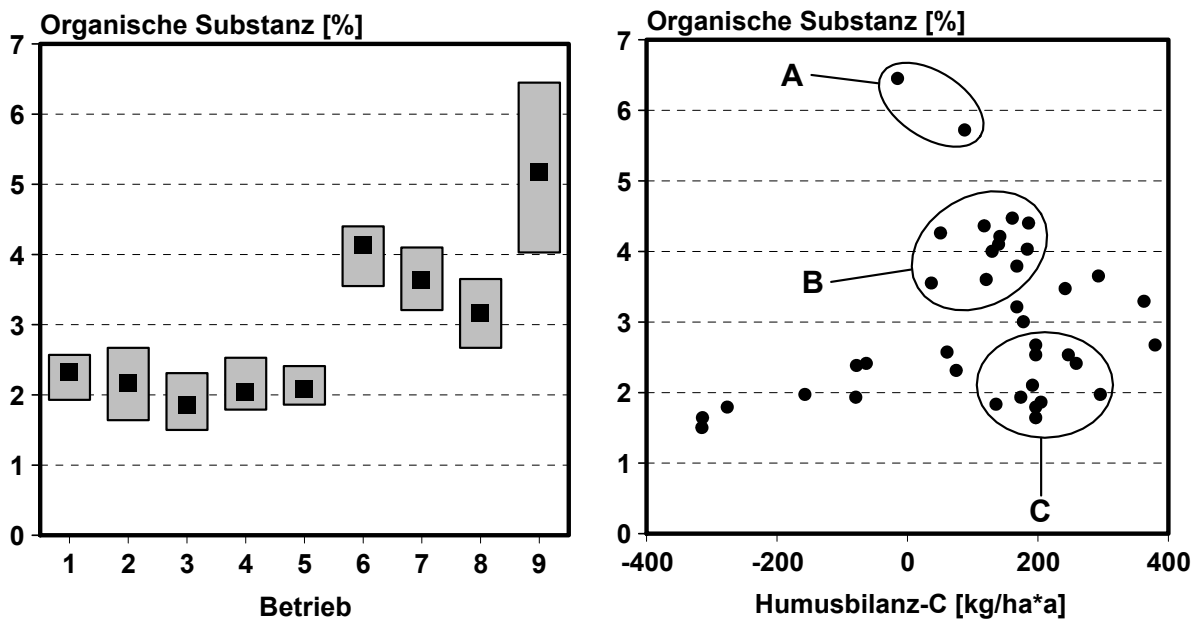


Abbildung 2.5: Links: Gehalt an organischer Substanz im Boden, jeweils Spannweite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9; rechts: Streudiagramm mit den Größen Gehalt an organischer Substanz und Kohlenstoffsaldo der Humusbilanz, jeder Punkt entspricht einem Schlag, Erklärung der Gruppen A-C im Text

Die OS-Menge wird in der Realität von einer Vielzahl von Faktoren gleichzeitig beeinflusst, die z. T. auch untereinander Zusammenhänge aufweisen. Für die Untersuchung solch komplexer Zusammenhänge eignet sich die multiple Regressionsanalyse. Bei Verwendung dieser Methode konnten 75% der Unterschiede im OS-Gehalt zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- durchschnittliche Jahrestemperatur (28%, negativ),
- Schluffanteil (17%, negativ),
- mittlere Jahresniederschläge (15%, positiv) und
- Tonanteil (15%, positiv)

erklärt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass im Vergleich zu den Standortbedingungen die Bewirtschaftung nur einen relativ geringen Einfluss auf die Unterschiede im OS-Gehalt zwischen den untersuchten Betrieben haben kann. Die Größenordnung, in der durch Bewirtschaftungsmaßnahmen aktive Veränderungen des OS-Gehaltes möglich sind, ist somit deutlich kleiner als die durch Standortunterschiede auftretenden Differenzen.

In Abbildung 2.5 (rechts) sind verschiedene Schlaggruppen markiert, die besonders deutlich von dem erwarteten positiven Zusammenhang zwischen Humusbilanz und OS-Gehalt, d.h. einer gedachten ansteigenden Linie, abweichen. Abweichungen einzelner Schläge können z.B. wie folgt erklärt werden:

- Die sehr hohen OS-Gehalte der beiden Schläge in Gruppe A (B9) können auf die niedrigen Durchschnittstemperaturen (7,9°C) und die sehr hohen Tongehalte (ca. 50%) zurückgeführt werden.
- Bei der Gruppe B (B6, B7 & B8) können wiederum niedrige Temperaturen (7,1 - 7,2°C), diesmal in Verbindung mit hohem Stein- und Sandanteil für die relativ hohen OS-Gehalte verantwortlich gemacht werden.
- Die relativ niedrigen OS-Gehalte in der Gruppe C (B2, B4 & 5) können u.a. mit den höheren Durchschnittstemperaturen (8,8 - 9,7°C) zusammenhängen. Die Bodenart wies in Gruppe C keine Gemeinsamkeiten auf.
- Bei den Schlägen mit den niedrigsten OS-Gehalten (ganz links in der Grafik; B3 & 4) verbinden sich niedrige Humusbilanzen mit hohen Temperaturen und hohen Schluffanteilen im Boden.

Resultierend aus den eigenen Erfahrungen und Anmerkungen in der Literatur über die extremen Bedingungen bei tonreichen Böden hinsichtlich OS-Menge und OS-Eigenschaften, wurden zwei Schläge des Betriebs B9 mit einem Tonanteil von ca. 50% bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Unter diesen Bedingungen ergeben sich veränderte Ergebnisse der Korrelationsanalyse (Tab. 2.6). So wird z.B. für den Zusammenhang von Humusbilanz und OS-Gehalt jetzt eine signifikante Korrelation ($r\ 0,34$) errechnet.

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf den OS-Gehalt im Boden identifiziert:

- **Hoher OS-Gehalt bei** hohen Niederschlagsmengen, hohem Stein-, Sand- und/oder Tonanteil im Boden, hohem Klee gras- bzw. Gründungsanteil in der Fruchtfolge sowie hoher Humusbilanz.
- **Niedriger OS-Gehalt bei** hohen Durchschnittstemperaturen, hohem Schluffanteil im Boden sowie großer Bearbeitungstiefe.

Gesamt-Stickstoff im Boden (Nt): Die Nt-Gehalte reichen bei den verschiedenen Schlägen von 0,1% bis 0,28%, das entspricht einem Nt-Vorrat in den obersten 20 cm von 2800 bis 6800 kg/ha. Der Zusammenhang zwischen OS- und Nt-Gehalt ist sehr eng ($r\ 0,94$), die Abstufungen zwischen den Betrieben bzw. den einzelnen Schlägen ist somit bei den beiden Messgrößen sehr ähnlich. Auch bei der Untersuchung der Faktoren, die Nt beeinflussen, traten keine wesentlichen Unterschiede zu den Ergebnissen bei der OS auf.

C/N-Verhältnis (organischer Kohlenstoff zu Gesamt-Stickstoff im Boden): Das C/N-Verhältnis ist eine gängige Größe zur Bewertung der OS-Qualität. Böden mit engem C/N-Verhältnis sind meist durch eine hohe biologische Aktivität gekennzeichnet, d.h. z.B. eine hohe Leistungsfähigkeit bei der N-Mineralisation. Ein weites C/N-Verhältnis kann hingegen hohe Anteile unzersetzten Pflanzenmaterials anzeigen. Wie der OS-Gehalt wird auch das C/N-Verhältnis von einer Vielzahl von Standort-, Umwelt- und Bewirtschaftungsfaktoren beeinflusst. Auf der anderen Seite ist das C/N-Verhältnis auch für eine Reihe von Bodeneigenschaften verantwortlich, wie z.B. für das N-Mineralisationsverhalten.

Das C/N-Verhältnis weist zwischen den Betrieben und z.T. auch zwischen den Schlägen der einzelnen Betriebe eine weite Spanne auf (Abb. 2.6, links). Die Werte liegen in einem Bereich von 8 bis 13. Bei der Prüfung von möglichen Einflussfaktoren auf das C/N-Verhältnis ergaben vor allem die Standortparameter Bodenart (Stein-, Sand-, Schluff- & Tonanteil) und durchschnittliche Niederschlagsmenge hohe Korrelationskoeffizienten (Tab. 2.6). Während Böden mit hohem Stein- und/oder Sandanteil eher ein weites C/N-Verhältnis aufweisen, liegen die Werte bei hohem Schluff- und/oder Tonanteil auf niedrigerem Niveau. Hohe Niederschlagsmengen können mit einem engen C/N-Verhältnis in Verbindung gebracht werden.

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse konnten 70% der Unterschiede im C/N-Verhältnis zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- Sandanteil (39%, positiv),
 - Strohdüngungs-C der letzten zehn Jahre (nach Humusbilanz, 20%, positiv),
 - langjährige Mistdüngung (11%, negativ)
- erklärt werden.

Aus Abbildung 2.6 (rechts) wird deutlich, dass mit steigenden C/N-Werten auch die OS-Gehalte der Böden ansteigen. Dieser Zusammenhang kann damit erklärt werden, dass weniger aktive Böden (weites C/N-Verhältnis) Pflanzenmaterial langsamer bzw. in geringerem Maße umsetzen als sehr aktive Böden und sich somit dort organische Substanz anreichert. Die Anreicherung nicht vollständig zersetzten Pflanzenmaterials, dessen C/N-Verhältnis im allgemeinen weiter ist als das des Bodens, führt wiederum zu höheren C/N-Werten. Starke Abweichungen einzelner Schläge können z.B. wie folgt erklärt werden:

- Die relativ hohen OS-Gehalte der Schlaggruppe A (B9) kann mit den vergleichsweise hohen Tongehalten zusammenhängen.
- Die niedrigen OS-Gehalte der Gruppe B sind hingegen wahrscheinlich auf die sehr sandigen Böden und das den Umsatz begünstigende Klima zurückzuführen.

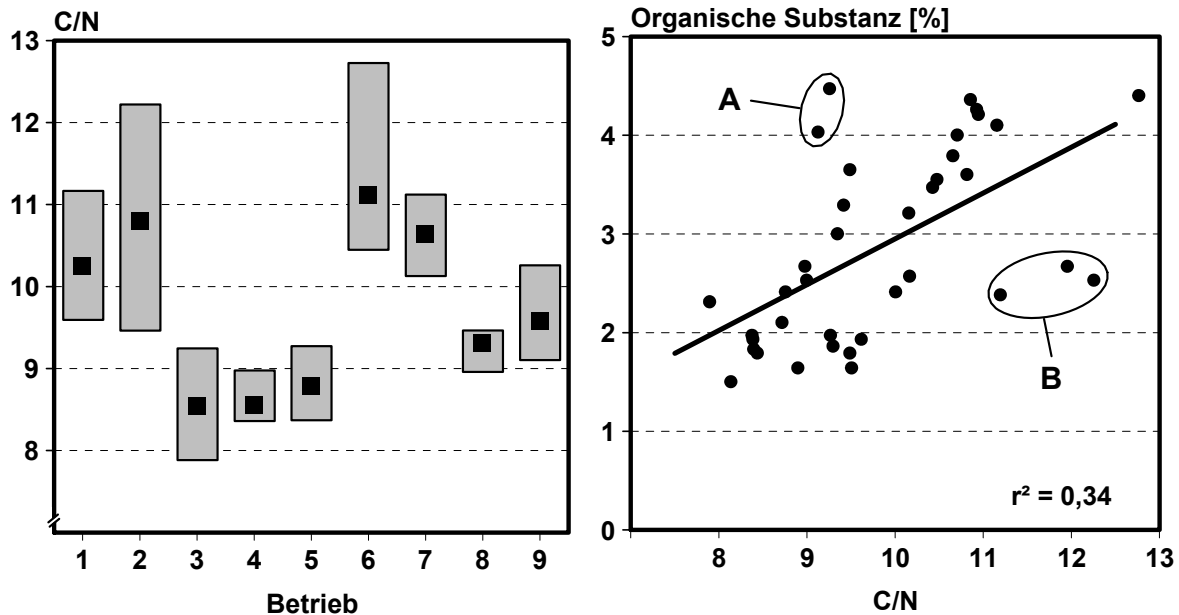


Abbildung 2.6: Links: C/N-Verhältnis der organischen Substanz im Boden; jeweils Spannbreite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9; rechts: Streudiagramm mit den Größen C/N-Verhältnis und Gehalt an organischer Substanz, jeder Punkt entspricht einem Schlag, Erklärung der Gruppen A und B im Text

Bei der Beurteilung der Zusammenhänge von Bewirtschaftungsmaßnahmen mit dem C/N-Verhältnis fällt der große Einfluss von Stroh- und organischer Düngung auf (Tab. 2.6; Humusbilanzwerte für Stroh- bzw. organische Düngung sowie Mistdüngung). Hohe Fruchtfolgeanteile an Getreidekulturen, bei denen das Stroh auf der Fläche verbleibt führen danach zu einem weiten C/N-Verhältnis, während die intensive Düngung mit Mist engere C/N-Verhältnisse bewirkt. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Qualität der organischen Substanz, die dem Boden zugeführt wird, einen großen Einfluss auf die Qualität der OS im Boden hat. Getreidestroh mit seinem weiten C/N-Verhältnis (100-200) hat somit eine andere Wirkung als Wirtschaftsdünger als z.B. Mist (C/N 15-25), der zudem meist biologisch sehr aktiv ist.

In Abbildung 2.7 (links) wird der Zusammenhang von Strohdüngung und C/N-Verhältnis anschaulich, es zeigt sich jedoch, dass die einzelnen Schläge (Grafik-Punkte) weit um die berechnete Regressionsgerade streuen. Ein Vergleich unterschiedlicher Schlaggruppen (Abb. 2.7, rechts) zeigt dafür beispielhaft Gründe auf:

- Die Gruppen A (B6) und B (B4 & B5) liegen bei der Strohdüngung auf ähnlichem Niveau. A-Schläge weisen jedoch im Vergleich zu B-Schlägen ein weiteres C/N-Verhältnis auf, das mit den höheren Stein- und Sandanteilen bei Gruppe A erklärt werden kann.
- Die Schläge der Gruppen C und D gehören alle zum Betrieb B1 und unterscheiden sich vor allem durch den deutlich höheren Sandanteil bei Schlag D, der auch das weiteste C/N-Verhältnis aufweist.

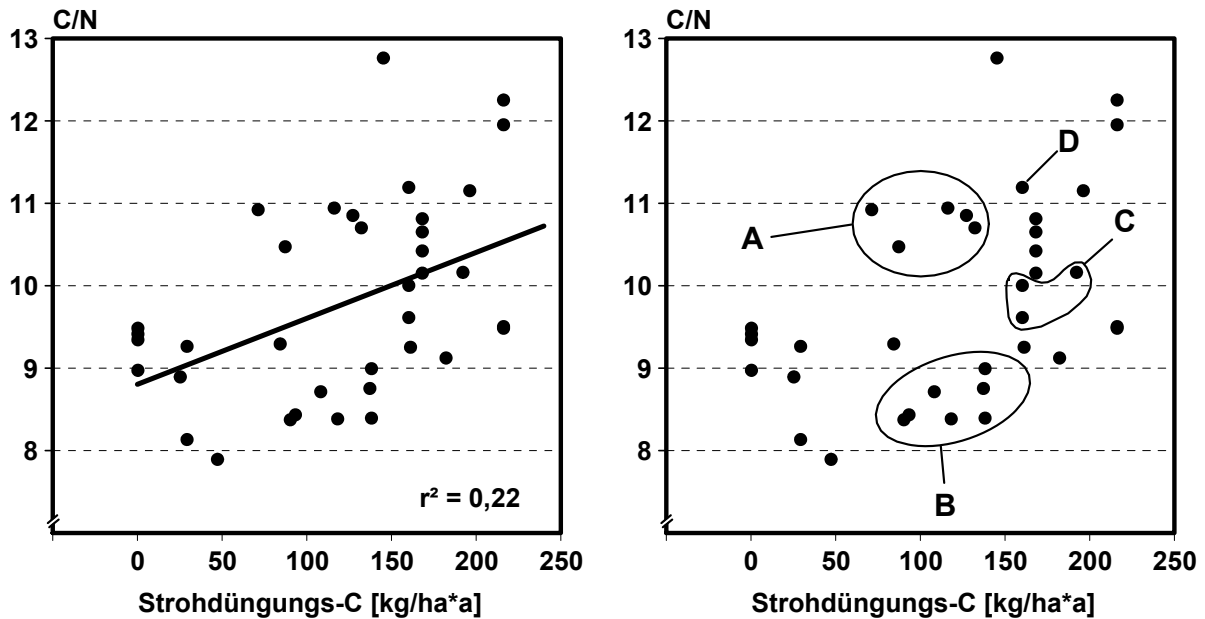


Abbildung 2.7: Streudiagramme mit den Größen C/N-Verhältnis und jährlich gedüngter Stroh-C (Humusbilanz), jeder Punkt entspricht einem Schlag; links: Regressionsgerade; rechts: Erklärung der Gruppen A - D im Text

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf das C/N-Verhältnis der organischen Substanz im Boden identifiziert:

- **Weites C/N-Verhältnis** bei hohem Stein- und/oder Sandanteil im Boden sowie hohem Anteil an Getreideflächen mit Strohdüngung in der Fruchtfolge.
- **Enges C/N-Verhältnis** bei hohem Schluff- und/oder Tonanteil im Boden, hohen Niederschlägen sowie hoher Düngungsintensität (vor allem Mist).

Tabelle 2.6: Standort- und Bewirtschaftungs-Kenngrößen der neun Betriebe als Faktoren verschiedener Messgrößen der organischen Bodensubstanz; dargestellt sind die Korrelationskoeffizienten von Kenngrößen die signifikante Korrelationen aufweisen
(*r*; mögliche Spanne: -1 bis +1, je näher *r* an -1 bzw. +1 um so enger der Zusammenhang)

Kenngrößen	OS ¹	OS	Nt	C/N	Cmik/ Corg	Nmik/ Nt	Cmik/ Nmik	Erg ² / Cmik	qCO ₂ ³
Boden									
Steinanteil	0,48	0,74	0,60	0,54				0,70	0,37
Sandanteil		0,47		0,74	-0,35			0,45	
Schluffanteil	-0,49	-0,58	-0,40	-0,68				-0,48	
Tonanteil	0,52		0,36	-,60	0,72	0,56			
Rohdichte	-0,84	-0,77	-0,77			-0,48	0,33	-0,53	-0,36
Nutzbare Feldkapazität	-0,50	-0,58	-0,47	-0,51				-0,48	
pH-Wert				-0,56	0,57	0,53	-0,37		
Klima									
Ø Jahrestemperatur	-0,72	-0,84	-0,81	-0,35		-0,46		-0,55	-0,34
Ø Frosttage / Jahr	0,66	0,81	0,78	0,35		0,48		0,55	0,36
Ø Jahresniederschlag				-0,46	0,33			-0,46	-0,32
Bewirtschaftung									
Kleegras- / Gründungs- anteil der Fruchtfolge	0,34		0,40		0,38	0,35			
Getreideanteil der Ff.				0,37				0,31	
Jahre ohne Kleegras / Grün- düngung bis Beprobung	-0,42	-0,44							
Strohdüngungs-C, langfristig (aus der Humusbilanz)				0,47	-0,49	-0,44		0,36	
Strohdüng.-C, 3 Vorjahre				0,46	-0,41	-0,35		0,33	
N mit org. Düngung, langfristig				-0,35	0,37	0,44			
N mit org. Düngung, 3 Vorjahre				-0,32		0,33	-0,40		
Mistmenge, langfristig				-0,59	0,59	0,44		-0,49	
Mistmenge, 3 Vorjahre						0,49	-0,41		0,40
Güllemenge, langfristig						0,33			
Humusbilanz, langfristig		0,34	0,37		0,30	0,46			
Humusbilanz, nur Düngung				-0,41	0,42	0,45		-0,34	
Humusbilanz, nur Fruchtfl.		0,45	0,39	0,38				0,42	
N-Bilanz, langfristig									
N-Versorgung (N-Zufuhr je nichtlegumer Marktfrucht)				-0,33	0,49	0,47		-0,40	
Verhältnis der Salden von Humus- und N-Bilanz								0,43	0,40

¹ Organische Substanz, inklusive der Schläge > 40% Ton

² Ergosterol

³ Metabolischer Quotient

2.2.2.3 Bodenbiologische Kenngrößen

Mikrobielle Biomasse allgemein: Bei der Bestimmung der mikrobiellen Biomasse wird versucht die gesamte Masse aus Bakterien, Pilzen, Algen und Einzellern, die im Boden vorhanden sind, zu bestimmen. Pilze (ca. 2/3) und Bakterien (ca. 1/3) sind dabei die weit-aus größten Fraktionen. Mit der in dieser Arbeit verwendeten Methode (Fumigation-Extraktion) wird dabei sowohl der enthaltene Kohlenstoff (Cmik), als auch der Stickstoff (Nmik) gemessen.

Mikroorganismen erfüllen im Boden eine essentielle Rolle bei allen Prozessen des Stoffumsatzes und sind ein wichtiger Zwischenspeicher von Pflanzennährstoffen. Auch wenn sich die Mikroorganismenpopulationen verschiedener Böden in ihrer Leistungsfähigkeit je nach Zusammensetzung stark unterscheiden können, ist die gesamte Menge an mikrobieller Biomasse doch ein wichtiger Indikator für die biologische Aktivität der OS bzw. des Bodens. Wie der OS-Gehalt wird auch die mikrobielle Biomasse sowohl von Standort- und Umwelt- als auch von Bewirtschaftungsmaßnahmen beeinflusst. Allerdings verändert sie sich schneller als der OS-Gehalt und ist dadurch ein empfindlicherer Indikator z.B. für Änderungen in der Bewirtschaftung. Ein hoher Anteil an mikrobieller Biomasse in der OS (Cmik/Corg) kann auf eine hohe Humusverfügbarkeit und N-Mineralisationsleistung hinweisen.

Der Gehalt des Bodens an mikrobieller Biomasse hängt sehr eng mit dem OS-Gehalt zusammen (Cmik: $r = 0,68$; Abb. 2.8). Die Beziehungen zu den beeinflussenden Faktoren unterscheiden sich deshalb nur wenig. Das Verhältnis von Cmik zum gesamten organischen Kohlenstoff (Cmik/Corg) ist hingegen ein empfindlicher Indikator für die Belebtheit der OS.

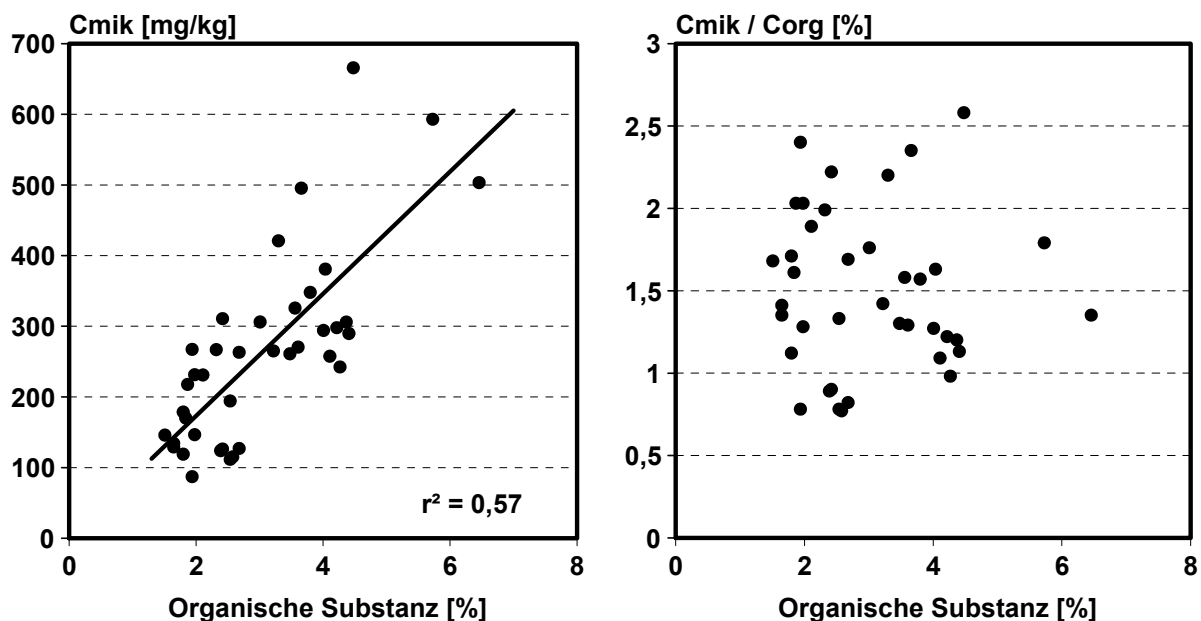


Abbildung 2.8: Streudiagramme; links: mit den Größen mikrobiell gebundener Kohlenstoff (Cmik) und Gehalt an organischer Substanz (OS) mit der Regressionsgeraden; rechts: Cmik/Corg und OS-Gehalt, jeder Punkt entspricht einem Schlag

Verhältnis von C_{mik}/C_{org} (mikrobiell gebundener zu gesamtem organisch gebundenem Kohlenstoff): C_{mik}/C_{org} variiert deutlich sowohl zwischen den Betrieben, als auch zwischen den Schlägen der einzelnen Betriebe (Abb. 2.9). Die Werte liegen in einem Bereich von 1 bis 2,5% und somit im Vergleich zu Literaturwerten z.T. sehr niedrig. Bei der Prüfung von möglichen Einflussfaktoren auf das C_{mik}/C_{org} -Verhältnis ergaben vor allem die Bodenparameter Tongehalt und pH-Wert eine enge positive Korrelation (Tab. 2.6). Wie beim C/N-Verhältnis zeigt sich auch bei C_{mik}/C_{org} ein deutlicher Zusammenhang mit der Strohdüngung (negativ) und der Mistdüngung (positiv). Zusätzlich ist hier auch eine positive Beziehung zum Klee gras- bzw. Gründungsanteil in der Fruchtfolge zu erkennen. Auch einzelne Parameter aus der Humus- und N-Bilanz weisen signifikante Korrelationen mit C_{mik}/C_{org} auf, wie z.B. die durchschnittliche N-Zufuhr mit Leguminosen und Düngung je nichtlegumer Marktfrucht (N-Versorgung).

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse konnten 61% der C_{mik}/C_{org} -Unterschiede zwischen den Schlägen mit den beiden Faktoren

- Tonanteil (40%, positiv) und
 - N-Versorgung (21%, positiv)
- erklärt werden.

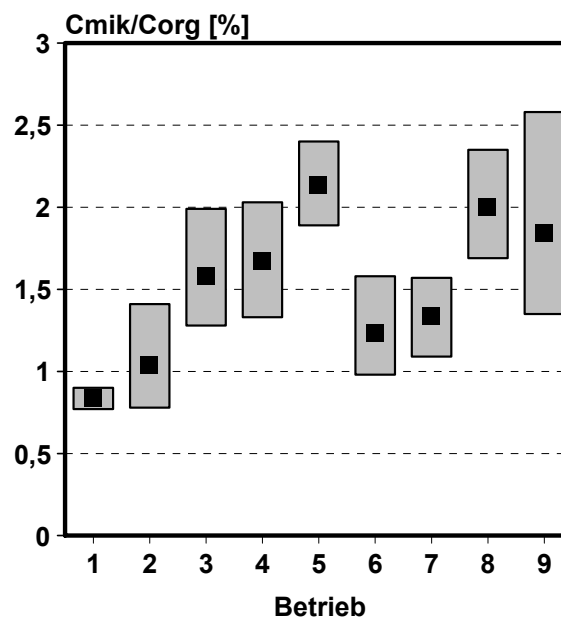


Abbildung 2.9: Verhältnis von mikrobiell gebundenem zu gesamtem organisch gebundenem Kohlenstoff (C_{mik}/C_{org}), jeweils Spannbreite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9

In Abbildung 2.10 (links) wird der Zusammenhang zwischen N-Versorgung und C_{mik}/C_{org} grafisch dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die einzelnen Schläge (Grafik-Punkte) z.T. weit um die berechnete Regressionsgerade streuen. Ein Vergleich unterschiedlicher Schlaggruppen (Abb. 2.10, rechts) zeigt dafür beispielhaft Gründe auf:

- Bei den in Gruppen A zusammengefassten Schlägen von Betrieb B4 können die etwas höheren Tongehalte – im Vergleich zu den anderen Schlägen des Betriebes – für die relativ hohen Cmik/Corg-Werte verantwortlich sein.
- Bei Schlag B (B9) kann neben dem hohen Tongehalt auch der hohe Kleeerasanteil in der Fruchtfolge zu den hohen Cmik/Corg-Werten geführt haben.
- Die niedrigen Cmik/Corg-Werte der Schläge in Gruppe B (B1 & B2) können mit den niedrigen Tongehalten, der intensiven Strohdüngung und der hohen Pflugtiefe zusammenhängen.
- Auch Schlag D (B8) ist durch einen niedrigen Tongehalt gekennzeichnet und weist zusätzlich ein deutliches N-Defizit in den letzten drei Jahren vor der Untersuchung auf.

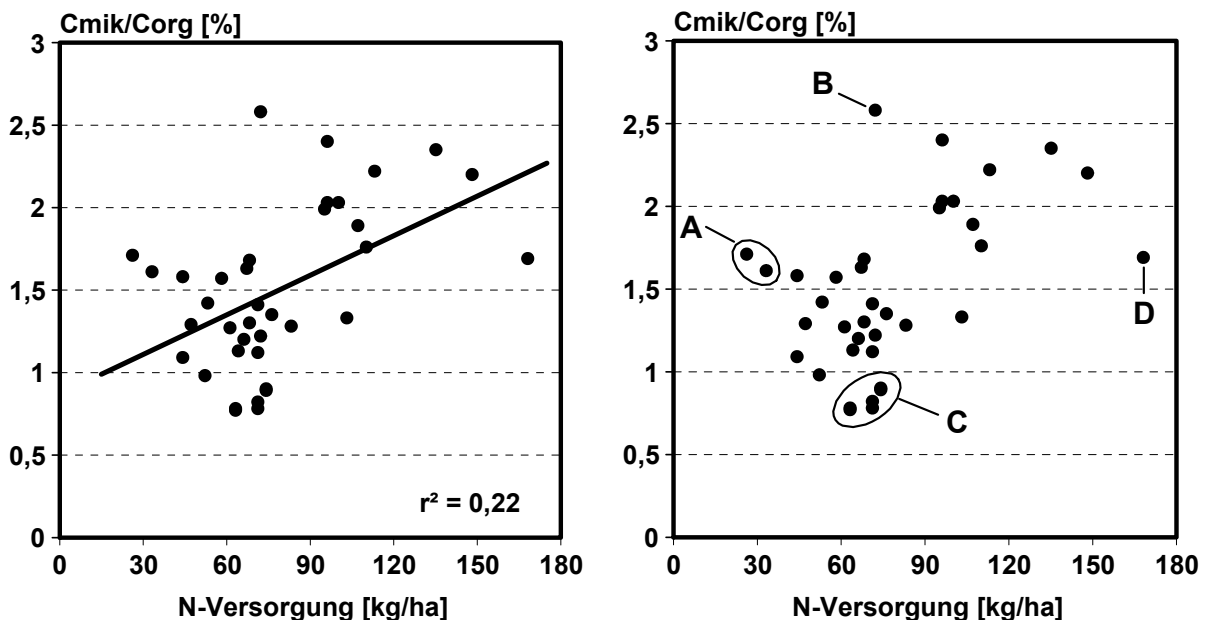


Abbildung 2.10: Streudiagramme mit den Größen Verhältnis von mikrobiell gebundenem zu organischem Kohlenstoff (Cmik/Corg) und N-Versorgung (N-Bilanzwert für die durchschnittliche N-Zufuhr je nichtlegumer Marktfrucht), jeder Punkt entspricht einem Schlag; links: mit der Regressionsgeraden; rechts: Erklärung der Gruppen A - D im Text

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf den Anteil der mikrobiellen Biomasse an der gesamten Boden-OS (Cmik/Corg) identifiziert:

- **Hoher Cmik/Corg-Wert** bei hohem Tonanteil im Boden, hohem pH-Wert, intensiver organischer Düngung (v.a. Mist), hoher N-Zufuhr je Marktfrucht und hohem Kleeerasanteil in der Fruchtfolge.
- **Niedriger Cmik/Corg-Wert** bei hohem Sandanteil und intensiver Strohdüngung.

Verhältnis von N_{mik}/N_t (mikrobiell gebundener zu gesamtem Stickstoff): N_{mik}/N_t korreliert sehr stark mit C_{mik}/C_{org} (r 0,80) und reagiert sehr ähnlich auf die beeinflussenden Faktoren (Tab. 2.6). Diese Messgröße erbringt daher in dieser Untersuchung wenig zusätzliche Information über die Qualität der OS. Einen deutlichen Informationsgewinn lässt hingegen das Verhältnis von C_{mik} zu N_{mik} erwarten.

Verhältnis von C_{mik}/N_{mik} (mikrobiell gebundener Kohlenstoff zu mikrobiell gebundenem Stickstoff): Das C_{mik}/N_{mik} -Verhältnis kann ein Indikator für die N-Verfügbarkeit aus der OS sein. Bodeneigenschaften wie z.B. der pH-Wert oder Bodenschädigungen (z.B. Schwermetalleintrag) beeinflussen den C_{mik}/N_{mik} -Wert. Ein niedriger C_{mik}/N_{mik} -Quotient kann als Hinweis auf eine leistungsfähige, gut funktionierende Mikroorganismengesellschaft gelten.

In der vorliegenden Untersuchung variiert das C_{mik}/N_{mik} -Verhältnis deutlich zwischen den Schlägen der einzelnen Betriebe, wohingegen zwischen den Betrieben kaum große Unterschiede auszumachen sind (Abb. 2.11). Die Werte liegen mit 4 bis 8 in einem für landwirtschaftlich genutzte Böden normalen Bereich. Bei der Prüfung von möglichen Einflussfaktoren auf das C_{mik}/N_{mik} -Verhältnis ergaben die Bodenparameter pH-Wert und Bodendichte signifikante Korrelationen (Tab. 2.6). Weite C_{mik}/N_{mik} -Verhältnisse bei niedrigen pH-Werten wurden auch in der Literatur beschrieben. Von den untersuchten Bewirtschaftungsmaßnahmen sind nur bei der organischen Düngung Zusammenhänge zu erkennen (enges C_{mik}/N_{mik} -Verhältniss bei hoher Mistdüngung der letzten drei Jahre). Die Verwendung der multiplen Regressionsanalyse erbrachte keine sinnvolle Faktorkombination, um die C_{mik}/N_{mik} -Unterschiede zwischen den Schlägen zu erklären.

In Abbildung 2.11 (rechts) wird der Zusammenhang von pH-Wert und C_{mik}/N_{mik} grafisch dargestellt. Dabei zeigt sich, dass eine Reihe von Schlägen (Grafik-Punkte) weit von der Regressionsgeraden abweichen. Ein Vergleich unterschiedlicher Schläge zeigt dafür beispielhaft Gründe auf:

- Die weiten C_{mik}/N_{mik} -Quotienten der Schläge A (B3) und B (B5) können u.a. auf die relativ hohe Dichte des Oberbodens in Kombination mit geringer Intensität der organischen Düngung zusammenhängen.
- Das enge C_{mik}/N_{mik} -Verhältnis bei Schlag C (B5) hängt evtl. mit der deutlich höheren organischen Düngung und dem relativ kurzen Zeitraum seit der Umstellung (4 Jahre) zusammen.

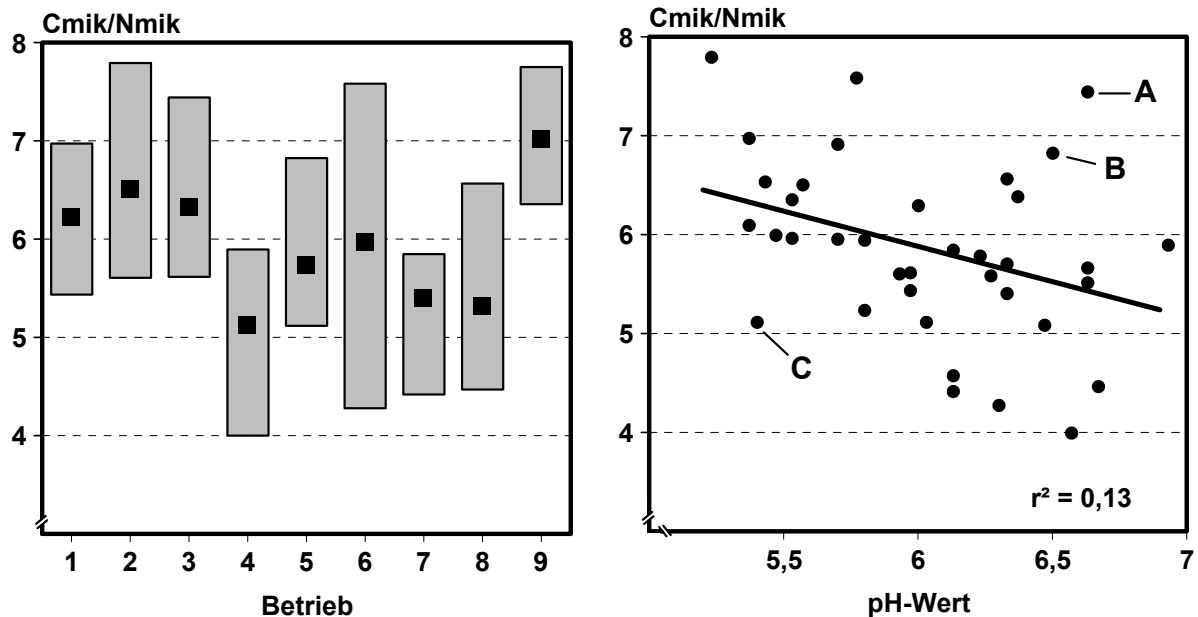


Abbildung 2.11: Links: Verhältnis von mikrobiell gebundenem Kohlenstoff zu mikrobiell gebundenem Stickstoff (Cmik/Nmik), jeweils Spannbreite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9; rechts: Streudiagramme mit den Größen Cmik/Nmik und pH-Wert mit der Regressionsgeraden, jeder Punkt entspricht einem Schlag, Erklärung der Punkte A - C im Text

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf das Verhältnis von Cmik zu Nmik identifiziert:

- **Hoher Cmik/Nmik-Wert bei hoher Dichte des Oberbodens.**
- **Niedriger Cmik/Nmik-Wert bei hohem pH-Wert und intensiver organischer Düngung** (v.a. Mist).

Pilzliche Biomasse allgemein: Die unterschiedlichen mikrobiologischen Organismengruppen im Boden sind in ihren Eigenschaften, wie z.B. der Umsatzgeschwindigkeit und -effizienz sehr verschieden. Im Durchschnitt verläuft z.B. der Stoffumsatz bei Pilzen langsamer, aber effizienter (geringerer Eigenbedarf) als bei Bakterien. Um einen Anhaltspunkt für die Größenordnung der mengenmäßig bedeutendsten Fraktion, den Pilzen, zu erhalten wurde der dafür charakteristische Ergosterolgehalt bezogen auf die mikrobielle Biomasse bestimmt (Ergosterol/Cmik). Der Pilzanteil wird durch eine Reihe von Standort-, Umwelt- und Bewirtschaftungsfaktoren beeinflusst. Gefördert wird er z.B. durch hohe Sandanteile, feuchte Bodenbedingungen, extensive Bodenbearbeitung, Strohdüngung und Versauerung.

Ergosterol/Cmik (Ergosterolgehalt zu mikrobiell gebundenem Kohlenstoff): Ergosterol/Cmik variiert deutlich zwischen den Betrieben und z.T. auch zwischen den Schlägen der einzelnen Betriebe (Abb. 2.12, links). Bei der Prüfung von möglichen Einflussfaktoren auf den Ergosterol/Cmik-Quotienten ergaben sich eine Vielzahl signifikanter Korrelationen (Tab. 2.6). Bei den Standortparametern haben sowohl die Bodenart, als auch das Klima

einen großen Einfluss auf den Pilzanteil. Ein hoher Sand- und Steinanteil (Abb. 2.12, rechts) sowie lange Frostperioden über Winter stehen in Verbindung mit hohen Ergosterol/Cmik-Werten. Niedrige Quotienten wurden bei hohem Schluffanteil sowie hohen Temperaturen und Niederschlagsmengen gefunden. Bei der Bewirtschaftung treten hohe Ergosterol/Cmik-Werte v.a. bei hohen Getreide- und Strohdüngungsanteilen in der Fruchtfolge, hohen Humusbilanzwerten der Fruchtfolge (ohne Berücksichtigung der Düngung) sowie bei einem weiten Verhältnis der Salden von Humusbilanz und N-Bilanz auf (Bilanz-C/Bilanz-N). Eine intensive organische Düngung (v.a. langjährige Mistdüngung) und eine hohe N-Versorgung der Marktfrüchte (N-Zufuhr je nichtlegumer Marktfrucht) scheinen den Pilzanteil zu senken.

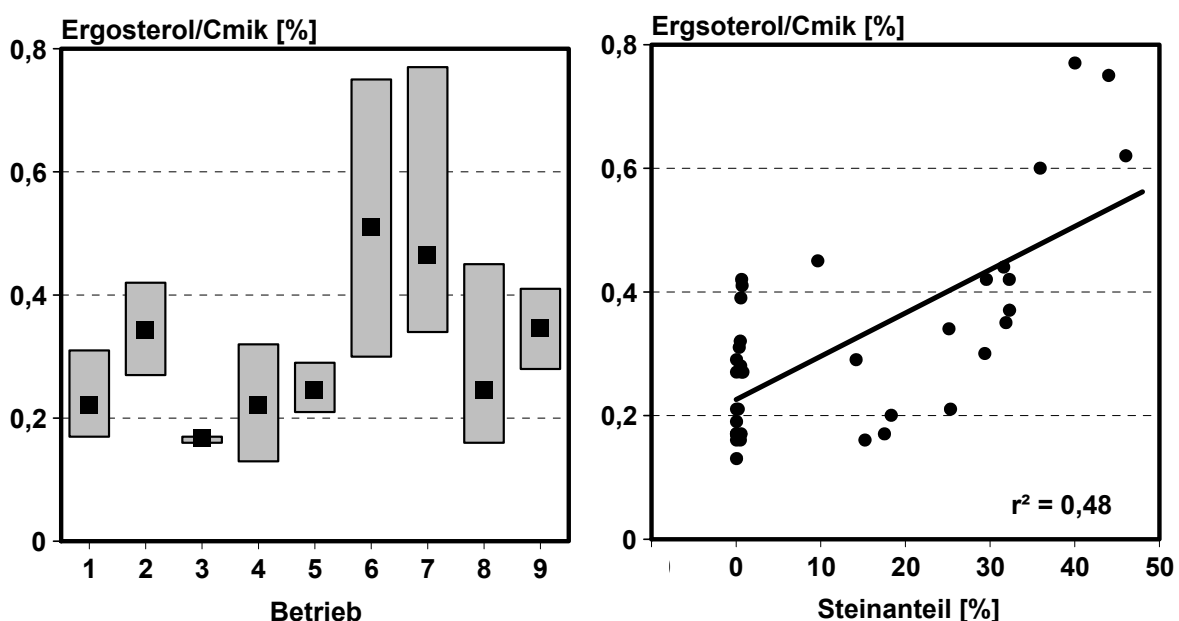


Abbildung 2.12: Links: Verhältnis von Ergosterolgehalt zu mikrobiell gebundenem Kohlenstoff (Ergosterol/Cmik), jeweils Spannweite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9; rechts: Streudiagramme mit den Größen Ergosterol/Cmik und Steinanteil mit der Regressionsgeraden, jeder Punkt entspricht einem Schlag

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse konnten 66% der Ergosterol/Cmik-Unterschiede zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- Steinanteil (36%, positiv),
 - langjährige Strohdüngung (13%, positiv),
 - langjährige Mistdüngung (11%, negativ) und
 - durchschnittlicher Jahresniederschlag (6%, negativ)
- erklärt werden.

In Abbildung 2.13 wird der Zusammenhang von Ergosterol/Cmik mit dem Steinanteil und der Strohdüngung grafisch dargestellt. Dabei zeigt sich, dass eine Reihe von Schlägen

(Grafik-Punkte) deutlich von einer gedachten, ansteigenden Linie abweichen. Ein Vergleich unterschiedlicher Schlaggruppen zeigt dafür beispielhaft Gründe auf:

- Die Schläge der Gruppe A (B6 & B7) weisen die höchsten Steinanteile auf. Dies kann die in Bezug auf die anderen Schläge sehr hohen Ergosterol/Cmik-Werte erklären.
- Die unterschiedlichen Ergosterol/Cmik-Werte zwischen den Schlägen von Betrieb B8 (Schlag B und Gruppe C) können damit begründet werden, dass bei B in den letzten 10 Jahren kein Mist gedüngt wurde, während bei der Gruppe C große Mengen an Mist ausgebracht wurden.
- Die trotz steinfreien Bodens hohen Ergosterol/Cmik-Werte bei Gruppe D (B2 & B9) können mit der relativ hohen Strohdüngung erklärt werden.

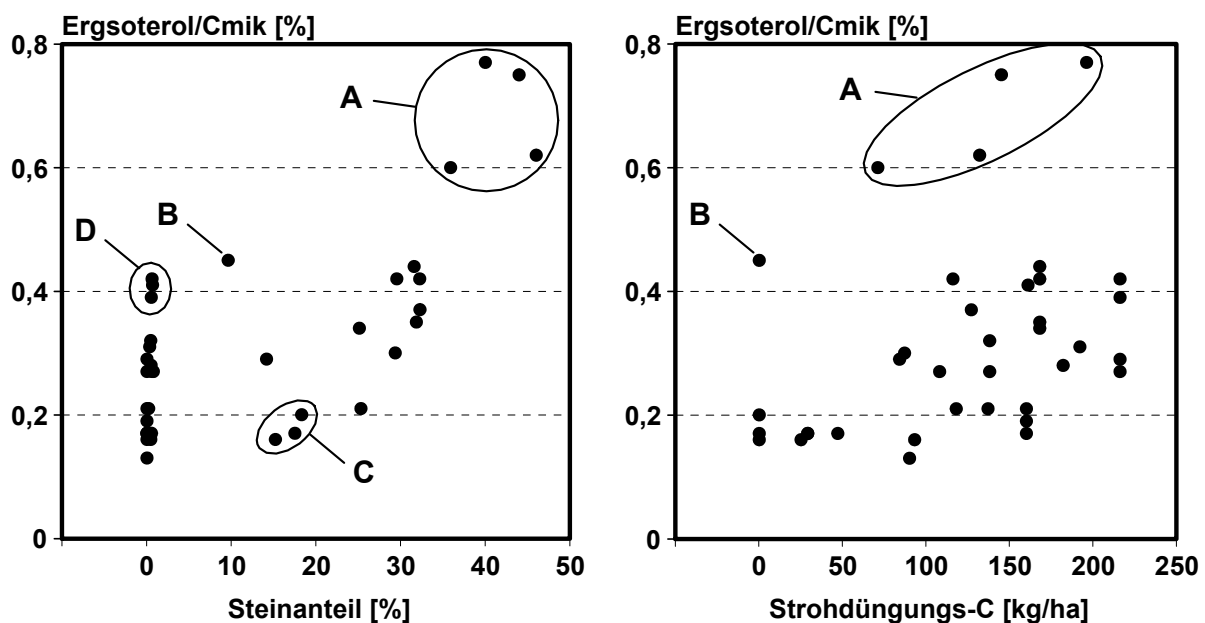


Abbildung 2.13: Streudiagramme mit den Größen Verhältnis von Ergosterol zu mikrobiell gebundenem Kohlenstoff (Ergosterol/Cmik) und links: dem Steinanteil, sowie rechts dem durchschnittlich jährlich gedüngten Stroh-C (Humusbilanz), jeder Punkt entspricht einem Schlag, Erklärung der Gruppen A - D im Text

Der Ergosterol/Cmik-Quotient ist die einzige der in dieser Untersuchung verwendeten bodenmikrobiologischen Kenngrößen, bei der ein signifikanter Einfluss auf den OS-Gehalt nachgewiesen werden konnte (r 0,66; Abb. 2.14). Dies deutet darauf hin, dass sich bei hohem Pilzanteil in der Mikroorganismenpopulation und damit eher langsamen Umsetzungsprozessen höhere OS-Gehalte im Boden ausbilden können

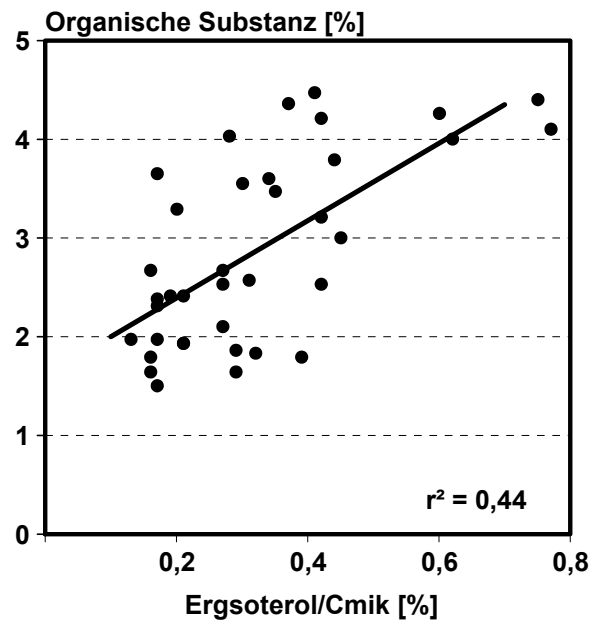


Abbildung 2.14: Streudiagramme mit den Größen OS-Gehalt und Verhältnis von Ergosterol zu mikrobiell gebundenem Kohlenstoff (Ergosterol/Cmik), jeder Punkt entspricht einem Schlag

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf den Ergosterol/Cmik-Quotienten (Pilzanteil) identifiziert:

- **Hoher Ergosterol/Cmik-Wert bei** hohem Stein- und Sandanteil, langen Frostperioden über Winter, großem Strohdüngungsanteil in der Fruchtfolge sowie einem System mit weitem Verhältnis von C-Überschuss (Humusbilanz) zu N-Überschuss (N-Bilanz).
- **Niedriger Ergosterol/Cmik-Wert bei** hoher nutzbarer Feldkapazität, hohen Temperaturen, hohen Niederschlagsmengen, intensiver langjähriger organischer Düngung (v.a. Mist) und hoher N-Versorgung (N-Zufuhr je nichtlegumer Marktfrucht).

Weiterhin wurde ein positiver Zusammenhang zwischen dem Ergosterol/Cmik-Verhältnis und dem OS-Gehalt im Boden festgestellt.

Metabolischer Quotient (berechnet aus CO_2 -Produktionsrate und C_{mik}): Der Metabolische Quotient ($q\text{CO}_2$) ist ein Maß für den Erhaltungsbedarf der Mikroorganismen im Boden. Es wird dabei nur der Teil des Substrats berücksichtigt, der von den Organismen zur Energiegewinnung verbraucht wird und nicht der Anteil, den diese zum Aufbau bzw. Erhalt von Biomasse nutzen. Der $q\text{CO}_2$ ist ein empfindlicher Indikator für den Einfluss kurzfristiger Stressfaktoren (z.B. Störungen des Bodens durch Pflanzenschutzmittel), und unter bestimmten Bedingungen auch für den Einfluss von Bodennutzung. Hohe $q\text{CO}_2$ -Werte sind dabei Zeichen für eine geringe Effizienz der Mikroorganismen, d.h. es muss mehr Substrat abgebaut werden, um eine bestimmte Menge an Biomasse aufzubauen. Störungen bzw. instabile Zustände des Bodens führen zu erhöhten $q\text{CO}_2$ -Werten.

Die $q\text{CO}_2$ -Werte verhalten sich je Betrieb sehr unterschiedlich (Abb. 2.15). Während bei den Betrieben B1 bis B3 relativ geringe Schwankungen auftreten, sind diese bei den Betrieben B4 bis B8 vor allem aufgrund der großen Unterschiede zwischen den Werten aus 2005 und 2006 sehr hoch. Von B9 wurden nur Werte aus 2005 verwendet, da die Schläge 2006 Tongehalte über 40% aufweisen. Obwohl einzelne signifikante Korrelationen zwischen Standort- bzw. Bewirtschaftungsfaktoren und dem $q\text{CO}_2$ errechnet wurden (Tab. 2.6), sind bei einer näheren Betrachtung hier keine Aussagen über schlüssige Zusammenhänge möglich.

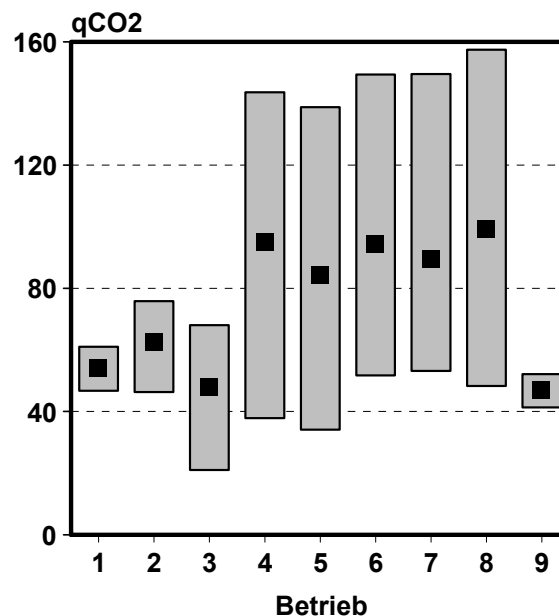


Abbildung 2.15: Metabolischer Quotient ($q\text{CO}_2$), jeweils Spannbreite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9

2.2.2.4 Heißwasserlöslicher C und N im Boden

Heißwasserextrahierbarer Kohlenstoff (Chwl) und Stickstoff (Nhwl) werden in der Literatur als Parameter zur Einschätzung eines Bodens hinsichtlich seines Gehaltes an leicht umsetzbarem Kohlenstoff und Stickstoff beschrieben.

Gehalt des Bodens an Chwl und Nhwl: Der Gehalt des Bodens an Chwl und Nhwl hängt sehr eng mit dem OS-Gehalt zusammen (Tab. 2.7). Die Beziehungen zu den beeinflussenden Faktoren unterscheiden sich deshalb nur wenig. Die Verhältnis-Werte Chwl zu Nhwl (C/Nhwl), Chwl zu Corg (Chwl/Corg) und Nhwl zu Nt (Nhwl/Nt) weisen diese starke Abhängigkeit nicht auf und wurden deshalb auf Zusammenhänge mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren geprüft.

Tabelle 2.7: Zusammenhänge zwischen chemischen bzw. biologischen OS-Parametern und Messgrößen der Heißwasseranalyse; Korrelationskoeffizienten bei signifikanter Korrelationen

Kenngrößen	Corg	Nt	C/N	Cmik/Corg	Nmik/nt	C/Nmik	Erg./Cmik	qCO ₂
Chwl	0,94	0,89	0,55		0,33		0,62	
Nhwl	0,91	0,85	0,55				0,60	
C/Nhwl	0,49	0,50						
Chwl/Corg					0,37			
Nhwl/Nt			0,57				0,32	

C/Nhwl: Das Verhältnis von Chwl zu Nhwl korreliert deutlich mit dem Corg- und dem Nt-Gehalt (Tab. 2.7). Zusammenhänge mit bodenbiologischen Größen sind hingegen nicht erkennlich.

Von den untersuchten Umweltfaktoren weisen nur Standortparameter signifikante Korrelationen auf (z.B. Tongehalt und Temperatur; Tab. 2.8). Ein Einfluss der unterschiedlichen Bewirtschaftung zeigt sich nicht.

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse (mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren) konnten 43% der C/Nhwl-Unterschiede zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- Tonanteil (19%, positiv),
 - langfristige Durchschnittstemperatur (15%, negativ)
 - Anteil von Leguminosen in den letzten drei Jahren (9%, negativ)
- erklärt werden.

Chwl/Corg: Das Verhältnis von Chwl zu Corg weist kaum erkennbare Verbindungen zu anderen Größen der OS auf. Nur mit Nmik/Nt tritt eine signifikante Korrelation auf (Tab. 2.7).

Bei den Umweltfaktoren werden sowohl Zusammenhänge mit Standort- (z.B. Feldkapazität) als auch Bewirtschaftungsfaktoren (z.B. Kleeergrasanteil, N-Bilanz) gefunden (Tab. 2.8). Im Vergleich zu Nhwl/Nt sind die Korrelationen weniger stark ausgeprägt.

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse (mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren) konnten 55% der Chwl/Corg -Unterschiede zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- langfristige N-Bilanz (16%, positiv),
 - Kleeerasanteil in der Fruchtfolge (15%, negativ)
 - langfristige Durchschnittstemperatur (7%, negativ)
 - langfristige Strohdüngung (Humusbilanz-C) (10%, negativ)
 - langfristige Mistdüngung (7%, negativ)
- erklärt werden.

Nhwl/Nt: Das Verhältnis von Nhwl zu Nt weist eine deutliche Verbindungen zum C/N-Verhältnis auf (Tab. 2.7) anderen Größen der OS auf.

Bei den Umweltfaktoren werden sowohl deutliche Zusammenhänge mit Standort- (z.B. Sand- und Tonanteil) als auch Bewirtschaftungsfaktoren (z.B. Getreideanteil, Humusbilanz) gefunden. Auch hier fällt die Ähnlichkeit mit dem C/N-Verhältnis auf. Dies kann damit begründet sein, dass das C/N-Verhältnis der OS im Boden und QNhwl von den Umweltfaktoren ähnlich beeinflusst wird oder ein direkter Zusammenhang besteht.

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse (mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren) konnten 72% der Nhwl/Nt-Unterschiede zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- Sandgehalt (22%, positiv),
 - Kleeerasanteil in der Fruchtfolge (17%, negativ)
 - langfristige N-Bilanz (20%, positiv)
 - langfristige Mistdüngung (13%, negativ)
- erklärt werden.

Zusammenfassung: Von den untersuchten Messgrößen der Heißwasser-Methodik reagiert besonders Nhwl/Nt empfindlich auf Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren. Es fällt dabei die teilweise auftretende Ähnlichkeit mit dem C/N-Verhältnis der OS auf.

Tabelle 2.8: Standort- und Bewirtschaftungs-Kenngrößen der neun Betriebe als Faktoren verschiedener Messgrößen der organischen Bodensubstanz; dargestellt sind nur Messgrößen die signifikante Korrelationen mit hwl-Parametern (heißwasserlöslich) aufweisen

Kenngrößen	OS	Nt	C/N	Chwl	Nhwl	C/Nhwl	Chwl/Corg	Nhwl/Nt
Boden								
Steinanteil	0,74	0,60	0,54	0,78	0,77	0,33		0,35
Sandanteil	0,47		0,74	0,58	0,62		0,39	0,72
Schluffanteil	-0,58	-0,40	-0,68	-0,67	-0,70		-0,37	-0,63
Tonanteil		0,36	-,60			0,52		-0,67
Rohdichte	-0,77	-0,77		-0,75	-0,71	-0,47		
Nutzbare Feldkapazität	-0,58	-0,47	-0,51	-0,68	-0,70		-0,44	-0,57
pH-Wert			-0,56					-0,54
Klima								
Ø Jahrestemperatur	-0,84	-0,81	-0,35	-0,88	-0,85	-0,46		
Ø Frosttage / Jahr	0,81	0,78	0,35	0,86	0,84	0,46		
Ø Jahresniederschlag			-0,46					-0,33
Bewirtschaftung								
Klee gras- / Gründungs-anteil der Fruchtfolge		0,40						-0,35
Getreideanteil der Ff.			0,37					0,43
Getreideanteil, 3 Vorjahre			0,35				0,36	0,53
Jahre ohne Klee gras / Gründüngung bis Beprobung	-0,44						0,42	
Strohdüng.-C, 3 Vorjahre			0,46					0,50
Mistmenge, langfristig			-0,59					-0,33
Humusbilanz, langfristig	0,34	0,37		0,44	0,45		0,36	
Humusbilanz, nur Frucht f.	0,45	0,39	0,38	0,50	0,51			0,40
N-Bilanz, langfristig							0,40	0,33

2.2.2.5 Faktoren der N-Versorgung

Kenngrößen der N-Versorgung: Zur Beurteilung der N-Versorgung der untersuchten Getreidebestände wurden verschiedene Messgrößen analysiert. Im Frühjahr wurde die Nmin-Menge bis zu einer Tiefe von 0 bis 30 (Nmin30) und von 0 bis 90 cm (Nmin90) bestimmt. Als Maß der vertikalen Nmin-Verteilung wird zusätzlich der prozentuale Anteil der Schicht 0-60 cm vom gesamten Nmin (0-90 cm) verwendet (NminVert). Die N-Mineralisation von der Frühjahrsbeprobung bis zur Ernte wurde nicht direkt gemessen. Als ein Indikator für diese Größe wurde die Differenz von N-Aufnahme durch das Getreide (der 1,5-fache Wert der gemessenen Korn-N-Aufnahme: Berücksichtigung von Stroh & Wurzelrückständen) und der Nmin-Menge im Frühjahr berechnet (Korn-N – Nmin = Nsom). Bei der Beurteilung der N-Versorgung muss beachtet werden, dass aus methodischen Gründen auf den untersuchten Schlägen keine kurzfristigen Düngungsmaßnahmen

durchgeführt wurden. Die Aussagen beziehen sich somit auf ungedüngte Getreidebestände.

Faktoren der Nmin-Menge im Frühjahr (Nmin30 & Nmin90): Nmin (Nitrat- und Ammonium-N) ist die wichtigste direkt pflanzenverfügbare N-Fraktion im Boden. Die Nmin-Menge im Frühjahr wird bekanntermaßen von einer ganzen Reihe Standort-, Umwelt- und Bewirtschaftungsfaktoren beeinflusst. Eine wichtige Größe ist die im Vorlauf zur Verfügung stehende Menge an mineralisierbaren N-Verbindungen, die v.a. durch die Fruchtfolge und die Düngung beeinflusst wird. Für die Mineralisationsleistung spielen auch die Temperatur, die Wasserversorgung, die Bodenstruktur und Eigenschaften des mikrobiellen Bodenlebens eine wichtige Rolle. Ein weiterer wichtiger Faktor der Nmin-Menge im Frühjahr ist die Größenordnung der Nitratverlagerung im Boden, die wesentlich von der Bodenart, dem Bewuchs und der Witterung (Frost & Niederschläge) abhängen.

Auf den untersuchten Schlägen variiert Nmin90 erwartungsgemäß sowohl zwischen den Schlägen der einzelnen Betriebe, als auch zwischen den Betrieben in einem weiten Bereich (Abb. 2.16, links). Die niedrigsten Werte lagen bei ca. 25 kg N/ha und die höchsten bei fast 120 kg N/ha. Bei der Prüfung möglicher Einflussfaktoren auf Nmin90 wurden nur wenige signifikante Korrelationen mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren gefunden (Tab. 2.9). Obwohl auf sandigen Böden hohe Nitratverluste durch Verlagerung möglich sind, wurde eine positive Beziehung zwischen Sandanteil und Nmin90 gefunden. Ein Grund dafür kann eine schnellere N-Mineralisation aufgrund schnellerer Erwärmung und besserer Durchlüftung auf leichten Böden sein. Dies könnte im Umkehrschluss auch die negative Korrelation zum Tonanteil erklären. Bestätigt wird diese Vermutung durch die deutlich stärkeren Korrelationen zwischen diesen Kenngrößen der Bodenart und Nmin30, dem Nmin in der Schicht in der die Mineralisation im wesentlichen stattfindet. Die negative Beziehung zwischen Nmin30 und der mittleren Temperatur vom Jahresanfang bis zur Beprobung könnte hingegen mit der Verlagerungshemmung bei Frost zusammenhängen. Weiterhin weist der pH-Wert eine negative Korrelation zu Nmin90 und zu Nmin30 auf. Von den Heißwasserparametern weisen Chwl/Corg und Nhw/Nt eine positive Korrelation zu Nmin30 auf; stark ausgeprägt ist sie nur bei Nhw/Nt. Bei Berücksichtigung der Standortfaktoren (Bodenart, Klima) in der partiellen Korrelationsanalyse sind jedoch keine Zusammenhänge mehr erkennbar.

Von den Bewirtschaftungsfaktoren ergibt nur die Anzahl der Monate ohne Bewuchs im Vorjahr (Umbruch bis Jahresende) einen signifikanten Zusammenhang mit Nmin90. Zeiträume ohne Bewuchs erhöhen die Gefahr der Nitratverlagerung und können somit zu einer Reduzierung der Nmin-Werte beitragen. Nmin30 korreliert zusätzlich positiv mit dem Getreideanteil in der Fruchtfolge, der Strohdüngung und dem N-Bilanzsaldo. Die erwarteten Zusammenhänge von Nmin mit Vorfrucht und Düngung waren nicht ersichtlich.

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse konnten 67% der Nmin90-Unterschiede zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- Tonanteil (21%, negativ),
 - Klee gras/Gründungsanteil in der Fruchtfolge (18%, positiv),
 - Wassergehalt in 0-30 cm (11%, positiv),
 - Strohdüngungs-C der letzten drei Jahre (Humusbilanz, 9%, positiv) und
 - der Niederschlagsmenge von Oktober des Vorjahres bis zur Beprobung (8%, negativ)
- erklärt werden. Durch die gleichzeitige Berücksichtigung verschiedener Faktoren konnte hier der wichtige Einfluss des Klee gras- bzw. Gründungsanteils in der Fruchtfolge auf Nmin90 ermittelt werden, was mit der einfachen Korrelationsanalyse nicht gelang.

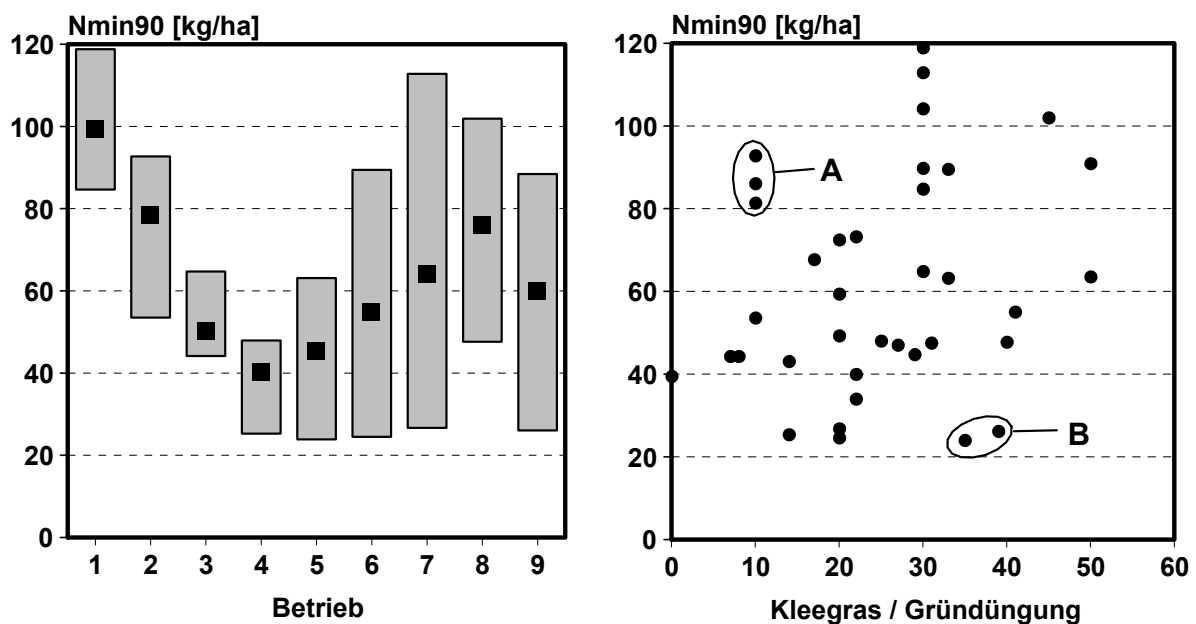


Abbildung 2.16: Links: Nmin im Frühjahr in 0-90 cm (Nmin90), jeweils Spannbreite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9; rechts: Streudiagramme mit den Größen Nmin90 und Klee gras- bzw. Gründungsanteil in der Fruchtfolge, jeder Punkt entspricht einem Schlag, Erklärung der Gruppen A und B im Text

In Abbildung 2.16 (rechts) wird der Zusammenhang von Nmin90 zum Klee gras- bzw. Gründungsanteil in der Fruchtfolge grafisch dargestellt. Dabei zeigt sich, dass viele Schläge (Grafik-Punkte) deutlich von einer gedachten, ansteigenden Linie abweichen. Ein Vergleich unterschiedlicher Schlaggruppen zeigt dafür beispielhaft Gründe auf:

- Die hohen Nmin90-Werte bei den Schlägen der Gruppe A (B2) sind wahrscheinlich z.T. auf den geringen Ton- und den hohen Sandanteil zurückzuführen. Wesentlich ist wohl auch, dass auf diesen Schlägen der Hauptfrucht-Klee grasanteil in der Fruchtfolge zwar gering ist, die Druschfrüchte aber meist mit weitem Reihenabstand und Leguminosenuntersaaten angebaut werden.
- Die niedrigen Nmin90-Werte bei der Gruppe B (B5 & B9) sind wahrscheinlich v.a. mit den hohen Tongehalten der Böden zu erklären.

Zusammenhänge zwischen Nmin90 bzw. Nmin30 und den mikrobiologischen Kenngrößen sind zwar oft signifikant, eine Erklärung der jeweiligen Beziehung ist jedoch z.T. schwierig (Tab. 2.9). Die negative Korrelation mit Ergosterol/Cmik kann durch die geringere Mineralisationsgeschwindigkeit bei höherem Pilzanteil in der Mikroorganismengesellschaft erklärt werden. Die Ursachen des negativen Zusammenhangs mit Cmik/Corg und Nmik/Nt sowie der positiven Korrelation mit Cmik/Nmik und dem C/N-Verhältnis sind schwer zu deuten, da diese Ergebnisse darauf hinweisen, dass Nmin90 auf umsatzschwachen Böden höher liegt, als auf Böden mit einer aktiven OS.

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf die Nmin-Menge im Frühjahr (Nmin90) identifiziert:

- **Hohe Nmin90-Mengen bei** hohem Sandanteil, hoher Wasserhaltefähigkeit in 0-30 cm, hohem Klee gras- bzw. Gründungsanteil in der Fruchtfolge sowie hoher Strohdüngung in den letzten drei Jahren.
- **Niedrige Nmin90-Mengen bei** hohem Tonanteil, hohem pH-Wert sowie langen Zeiträumen ohne Bewuchs und hohen Niederschlägen über Winter.

Signifikante Zusammenhänge zwischen Nmin90 und der Menge bzw. den Eigenschaften der organischen Substanz traten auf, waren aber meist nicht plausibel.

Faktoren der vertikalen Nmin-Verteilung im Frühjahr (NminVert): Bei der vertikalen Verteilung von Nmin im Boden unterscheiden sich sowohl Schläge einzelner Betriebe, als auch die mittleren NminVert-Gehalte der Betriebe (Abb. 2.17, links). Bei einer gleichmäßigen Verteilung von Nmin im Boden läge NminVert (Schicht 0-60 cm) bei 66%. Die meisten der untersuchten Schläge zeigen höhere Werte, d.h. die Nmin-Menge liegt schwerpunktmäßig in den oberen Bodenschichten. Dieser Effekt kann sowohl z.B. durch eine hohe Nitrat-Verlagerung (unter 90 cm) in Verbindung mit einer deutlichen Frühjahrsmineralisation im Oberboden, als auch durch eine insgesamt sehr geringe N-Verlagerung begründet sein.

Bei der Prüfung möglicher Einflussfaktoren auf NminVert wird die Bedeutung der Korngrößenverteilung im Boden deutlich (Tab. 2.9; Abb. 2.17, rechts). Der Sand- und Steinanteil korreliert positiv, der Schluffanteil negativ mit NminVert. Dies ist ein Hinweis darauf, dass vor allem die Frühjahrsmineralisation im Oberboden der leichten Standorte zu den relativ hohen Mengen an Nmin in der Schicht 0 – 60 cm beiträgt. Die positiven Zusammenhänge von NminVert mit dem Getreide- und Strohdüngungsanteil in der Fruchtfolge sowie mit dem C/N-Verhältnis der Boden-OS und dem Ergosterol/Cmik-Quotienten deuten jedoch an, dass sich die Nmin-Menge vor allem bei umsatzschwachen Böden in den oberen 0-60 cm befindet. Eine schlüssige Interpretation dieser möglichen Zusammenhänge liegt bisher nicht vor.

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf die vertikale Verteilung von Nmin im Boden (NminVert) identifiziert:

- **Hoher Anteil Nmin in 0 – 60 cm bei** hohem Sand- und Steinanteil, hohem Getreide und Strohdüngungsanteil in der Fruchtfolge sowie weitem C/N-Verhältnis und hohem Ergosterol/Cmik-Verhältnis der OS im Boden.
- **Niedriger Anteil Nmin in 0 – 60 cm bei** hohem Schluffanteil, hoher nutzbarer Feldkapazität und hohen Temperaturen vom Jahresbeginn bis zur Beprobung.

Die z.T. widersprüchlichen Ergebnisse lassen jedoch keine eindeutige Erklärung der vertikalen Nmin-Verteilung zu.

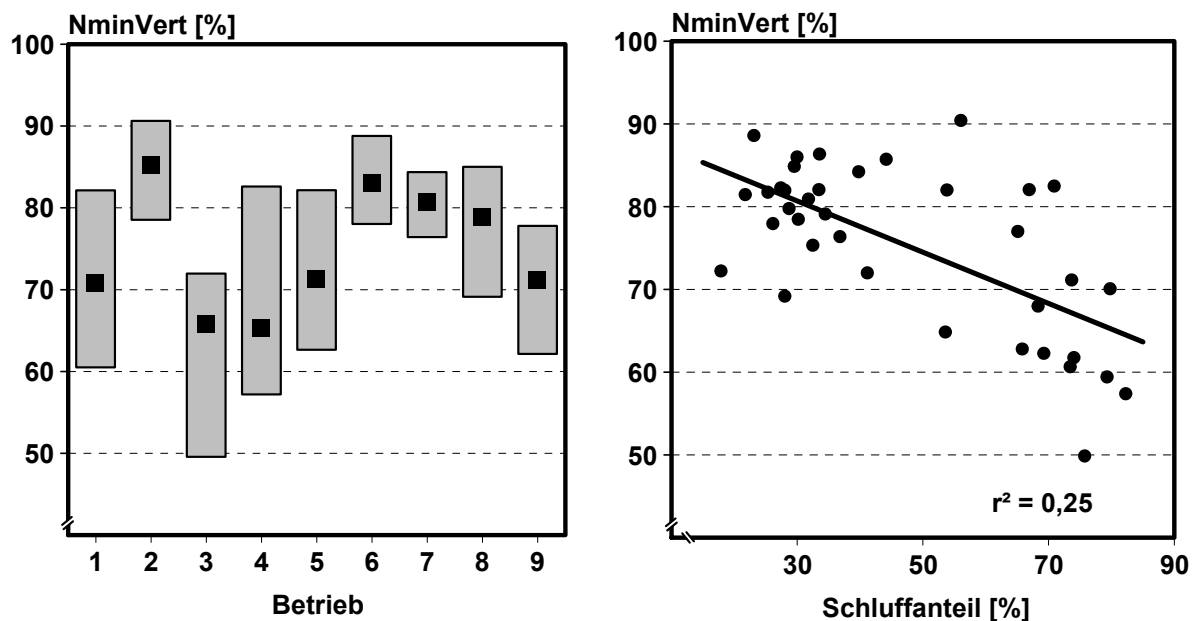


Abbildung 2.17: Links: Anteil von Nmin in 0 - 60 cm (NminVert), jeweils Spannweite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9; rechts: Streudiagramme mit den Größen NminVert und Schluffanteil mit der Regressionsgeraden, jeder Punkt entspricht einem Schlag

Faktoren der sommerlichen N-Mineralisation (Nsom): N-Mineralisationsprozesse im Boden unterliegen einer Vielzahl von Einflüssen. Wesentlich sind dabei v.a. die Menge und Qualität der organisch gebundenen N-Reserven und die Leistungsfähigkeit der mineralisierenden Mikroorganismen. Beim Abbau organischer Materialien mit einem engen C/N-Verhältnis (z.B. relativ junges Pflanzenmaterial, Wirtschaftsdünger und organische N-Handelsdünger) wird mineralischer N freigesetzt. Organische Ausgangsstoffe mit einem weiten C/N-Verhältnis (z.B. Getreidestroh und Grüngutkomposte) können hingegen kurzfristig mineralischen Boden-N binden. Die Mineralisationsleistung der Mikroorganismen hängt u.a. sowohl von der Organismen-Zusammensetzung, als auch von Umweltfaktoren wie Temperatur, Feuchte und Durchlüftung des Bodens ab.

Die als Indikator für die N-Mineralisation vom Frühjahr bis zur Ernte gewählte Differenz aus der N-Menge im Korn zur Ernte ($\times 1,5$) und der Nmin-Menge im Frühjahr (N_{som}) variiert erwartungsgemäß stark zwischen den Schlägen einzelner Betriebe sowie zwischen den Betrieben (Abb. 2.18, links). Da N_{som} nicht die tatsächliche N-Netto-Mineralisation (Differenz aus Mineralisations- und Immobilisationsvorgängen im Boden) wiedergibt, können hier nur die Relationen zwischen Schlägen bzw. Betrieben diskutiert werden und nicht die absoluten Werte.

Bei der Prüfung möglicher Einflussfaktoren auf N_{som} ergaben sich eine Reihe signifikanter Korrelationen mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren (Tab. 2.9). Während ein hoher Sandanteil negativ auf N_{som} wirkt, haben hohe Ton- und Schluffanteile sowie ein hoher pH-Wert einen positiven Einfluss. Auswirkungen der Witterung konnten nicht nachgewiesen werden. Bei den Bewirtschaftungsmaßnahmen sind deutliche, negative Korrelationen zwischen Getreide- bzw. Strohdüngungsanteil in der Fruchtfolge und N_{som} zu erkennen. Positiv wirkt hingegen die organische Düngung. Ein weites C/N-Verhältnis der organischen Bodensubstanz wirkt negativ, und ein hoher $C_{\text{mik}}/C_{\text{org}}$ -Quotient positiv auf die N-Mineralisation. Insgesamt wirken die Faktoren auf N_{som} meist entgegengesetzt ihrer Wirkung auf den Nmin-Wert im Frühjahr. Es deutet sich somit an, dass Schläge mit leichten Böden und/oder geringer Düngungsintensität mehr N bis zum Frühjahr mineralisieren als Schläge mit schwereren Böden, geringer Strohdüngung und/oder hohem Einsatz von Wirtschaftsdüngern, letztere aber umgekehrt vom Frühjahr bis zur Ernte mehr N freisetzen. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss einschränkend beachtet werden, dass die dem N_{som} -Wert zugrunde liegende N-Menge im Korn, nicht nur durch die N-Verfügbarkeit, sondern auch durch andere Faktoren (z.B. Getreideart und – sorte, Unkraut- und Krankheitsdruck) beeinflusst wird. Dies zeigt sich auch in dem deutlichen Zusammenhang von N_{som} und dem Ertragspotential der Getreidearten (Tab. 2.9, siehe auch Beschreibung von Material und Methoden im Anhang).

Von den Heißwasser-Parametern sind sowohl $Ch_{\text{wl}}/C_{\text{org}}$ als auch $N_{\text{hw}}/N_{\text{t}}$ negativ mit N_{som} korreliert. Bei Berücksichtigung der Standortfaktoren (Bodenart, Klima) in der partiellen Korrelationsanalyse sind jedoch keine Zusammenhänge mehr erkennbar.

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse konnten 72% der N_{som} -Unterschiede zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- Sandanteil (22%, negativ),
- Strohdüngungs-C der letzten drei Jahre (Humusbilanz, 16%, negativ),
- Wassergehalt in 0-30 cm im Frühjahr (15%, negativ),
- N-Bilanz der Vorjahres (Vorfrucht & Düngung, 10%, positiv) und
- Ertragspotential der Getreidearten (8%, positiv)

erklärt werden. Mit dieser Methode konnte bei der gleichzeitigen Berücksichtigung verschiedener Faktoren gezeigt werden, dass der Einfluss der unterschiedlichen Getreidearten im Vergleich zu Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren gering ist. Eine einleuchtende Erklärung für den Einfluss des Boden-Wassergehaltes im Frühjahr liegt nicht vor.

In Abbildung 2.18 (rechts) wird der Zusammenhang von Nsom und Strohdüngung grafisch dargestellt. Dabei zeigt sich, dass sich die einzelnen Schläge (Grafik-Punkte) in einem breiten Band um die Regressionsgerade befinden. Ein Vergleich unterschiedlicher Schlaggruppen zeigt dafür beispielhaft Gründe auf:

- Die trotz fehlender Strohdüngung relativ niedrigen Nsom-Werte bei der Gruppe A (B6 & B8) sind wahrscheinlich auf den hohen Sandanteil der Böden zurückzuführen.
- Die sehr hohen Nsom-Werte bei der Gruppe B (B1 & B4) können hingegen mit den hohen Schluffanteilen der Böden zusammenhängen.

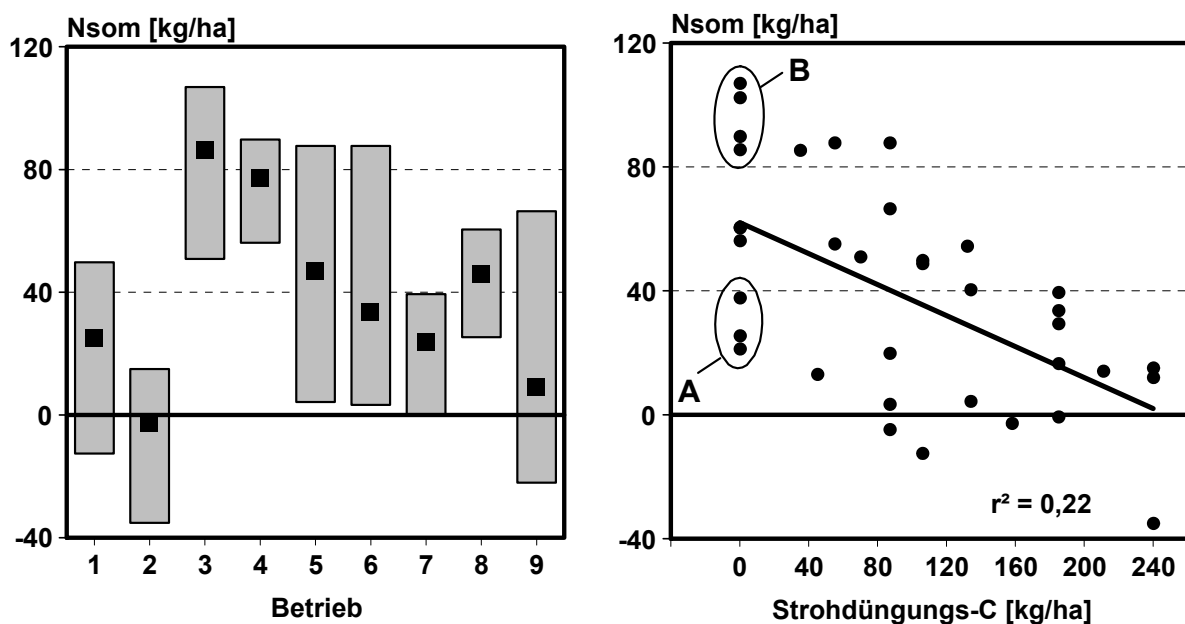


Abbildung 2.18: Links: Anteil Nsom (Indikator für die N-Mineralisation vom Frühjahr bis zur Ernte), jeweils Spannbreite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9; rechts: Streudiagramme mit den Größen Nsom und dem durchschnittlich jährlich gedüngten Stroh-C der letzten drei Jahre (berechnet nach Humusbilanz, VDLUFA) mit der Regressionsgeraden, jeder Punkt entspricht einem Schlag, Erklärung der Gruppen A & B im Text

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf die sommerliche N-Mineralisation (Nsom) identifiziert:

- **Hohe Nsom-Werte bei** hohem Ton- und Schluffanteil, hohem pH-Wert, hoher nutzbarer Feldkapazität, hohem Gehalt an mikrobieller Biomasse in der Boden-OS, hoher N-Bilanz der Vorjahres (Vorfrucht & Düngung), intensiver organischer Düngung und hohem Ertragspotential der gewählten Getreideart.
- **Niedrige Nsom-Werte bei** hohem Sandanteil, hohem Getreide- und Strohdüngungsanteil sowie hohem Humusbilanzsaldo der Fruchtfolge (ohne Berücksichtigung der organischen Düngung).

Insgesamt ist der Einfluss der Faktoren auf Nsom meist der Wirkung auf die Nmin-Werte im Frühjahr entgegengesetzt.

Tabelle 2.9: Standort- und Bewirtschaftungs-Kenngrößen der neun Betriebe als Faktoren verschiedener N-Versorgungsparameter; dargestellt sind die Korrelationskoeffizienten von Kenngrößen, die signifikante Korrelationen aufweisen

Kenngröße	Nmin90 Nmin 0-90 cm	Nmin30 Nmin 0-30 cm	NminVert % Nmin 0-60 cm	NSom Korn-N - Nmin
Boden				
Tonanteil	-0,52	-0,57		0,47
Sandanteil	0,35	0,59	0,63	-0,54
Steinanteil			0,43	
Schluffanteil		-0,51	-0,65	0,47
pH-Wert	-0,34	-0,36		0,46
Nutzbare Feldkapazität			-0,53	0,35
Witterung		-0,38	-0,51	
Ø Temperatur von Jahresbeginn bis Beprobung		-0,38	-0,51	
Bewirtschaftung				
Monate ohne Bewuchs Vorfrucht bis Ende Vorjahr	-0,34	-0,34		
Getreideanteil der Fruchtfolge		0,36	0,48	-0,58
Strohdüngungs-C, langfristig (Humusbilanz)				-0,48
Strohdüngungs-C, 3 Vorjahre		0,38	0,44	-0,61
N mit org. Düngung, 3 Vorjahre			-0,35	0,42
Mistmenge, langfristig				0,38
Güllemenge, 3 Vorjahre				0,30
Humusbilanz, nur Fruchtfl.		0,38	0,50	-0,40
N-Bilanz Vorjahr				0,34
N-Bilanz, langfristig		0,35		
Ertragspotential der Getreidearten				0,64
Organische Substanz				
C/N-Verhältnis		0,42	0,50	-0,41
Cmik/Corg	-0,38	-0,32		0,37
Nmik/Nt	-0,50	-0,34		0,38
Cmik/Nmik	0,42	0,39		
Ergosterol/Cmik	-0,33		0,43	
qCO ₂ Metabolischer Quotient	-0,46			
Chwl/Corg		0,32		-0,34
Nhwl/Nt		0,57		-0,58

2.2.2.6 Faktoren des Getreideertrags

Kenngößen des Getreideertrags: Auf den untersuchten Schlägen wurden in den Jahren 2005 und 2006 unterschiedliche Arten und Sorten von Wintergetreide, und selten auch Sommergetreide angebaut. Ein direkter Vergleich der entsprechenden Erträge ist problematisch, da die Arten und Sorten unterschiedliche Ertragspotentiale aufweisen. Bei der Analyse von Zusammenhängen wird dies dadurch berücksichtigt, dass die jeweiligen Ertragsmittelwerte der einzelnen Getreidearten (Winterweizen, Roggen, Triticale, Dinkel und Sommergetreide) als Faktor mit einbezogen werden. Als weitere Kenngröße des Ertrags wird die N-Menge im Korn (Korn-N) herangezogen. Als Qualitätsparameter wird der N-Gehalt im Korn (KN-Gehalt), der in direktem Zusammenhang mit dem Proteingehalt steht, verwendet. Aber auch bei der Beurteilung dieser N-Gehalte müssen die arten- und sortenspezifischen Potentialunterschiede berücksichtigt werden. Wie beim Ertrag werden deshalb die jeweiligen N-Gehaltsmittelwerte der einzelnen Getreidearten als Faktor verwendet. Da der Getreideertrag sowie die N-Menge und der N-Gehalt im Korn des Getreides bekanntermaßen stark durch die N-Verfügbarkeit geprägt werden, sind die Ertrags-Kenngrößen gleichzeitig auch Indikatoren für die N-Versorgung. Bei der Beurteilung des Getreideertrags muss beachtet werden, dass aus methodischen Gründen auf den untersuchten Schlägen keine kurzfristigen Düngungsmaßnahmen durchgeführt wurden. Aussagen beziehen sich somit auf ungedüngte Getreidebestände.

Faktoren des Getreideertrags: Der an den einzelnen Messpunkten der untersuchten Schläge gemessene Getreideertrag (14% Feuchte) variierte von ca. 20 bis 80 dt/ha, und die Betriebsmittelwerte von 25 bis 62 dt/ha (Abb. 2.19, links). Bei der Beprobung wurden möglichst Bereiche ohne Fehlstellen beerntet. Vor allem aufgrund dieses Vorgehens liegen die von der jeweiligen Betriebsleitung geschätzten Erträge deshalb im Mittel um ca. 20% unter den Messwerten (Abb. 2.19). Von den neun Betrieben haben die vier Betriebe B1, B3, B4 und B8 ein hohes Ertragsniveau (40-50 dt/ha geschätzter Ertrag). Die Betriebe B5, B6 und B7 liegen auf mittlerem Niveau (um 30 dt/ha geschätzter Ertrag) und die Betriebe B2 und B9 auf niedrigem Niveau (20-25 dt/ha geschätzter Ertrag).

Die Höhe des Getreideertrages ist deutlich von der Getreideart abhängig (Tab. 2.10). Aber auch für eine Reihe von Standort- und Bewirtschaftungsparametern konnten signifikante Zusammenhänge gefunden werden. Während ein hoher Sandanteil negativ auf den Ertrag wirkt, hat ein hoher Schluffanteil sowie eine hohe nutzbare Feldkapazität einen positiven Einfluss. Auswirkungen der Bodennährstoffgehalte und der Witterung konnten nicht nachgewiesen werden. Unter den Bewirtschaftungsmaßnahmen weisen Strohdüngung, Getreideanteil und das Humusbilanzsaldo einen negativen Zusammenhang mit der Ertragshöhe auf. Die durchschnittliche Gülledüngung der letzten drei Jahre und die N-Bilanz des Vorjahres (Vorfrucht & Düngung) sind hingegen positiv mit dem Ertrag korreliert. Zwischen der Nmin-Menge im Frühjahr und dem Ertrag ist die Beziehung nicht signifikant. Mit der sommerlichen N-Mineralisation (N_{som}) besteht hingegen ein starker Zusammenhang. Allerdings muss beachtet werden, dass N_{som} eine unter Verwendung der N-Menge im Korn berechnete Größe ist. Die Ergebnisse stehen weitgehend in Übereinstimmung mit dem Erkenntnisstand zu Einflussfaktoren des Getreideertrags. Zusammenhänge von Ertrag und Kenngrößen der Boden-OS sind nur bei dem Ergosterol/Cmik-

Quotienten nachweisbar. Danach steht eine hoher Pilzanteil in der Mikroorganismengesellschaft des Bodens mit niedrigen Erträgen in Verbindung. Von den Heißwasser-Parametern sind sowohl Chwl/Corg als auch Nhw/Nt negativ mit dem Ertrag korreliert. Dies ändert sich auch nicht bei Berücksichtigung der Standortfaktoren (Bodenart, Klima) in der partiellen Korrelationsanalyse.

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse konnten 63% der Ertrags-Unterschiede zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- Nmin im Frühjahr (14%, positiv),
- Strohdüngungs-C der letzten drei Jahre (Humusbilanz, 14%, negativ),
- Getreideanteil in der Fruchtfolge (14%, negativ),
- Gülle-Düngung der letzten drei Jahre (11%, positiv) und
- N-Bilanz des Vorjahres (Vorfrucht & Düngung, 10%, positiv)

erklärt werden. Weder die Einbeziehung des Faktors Getreideart, noch von Boden- bzw. Witterungs-Kenngrößen erbrachte eine Verbesserung dieses Ergebnisses. Da die sommerliche N-Mineralisation (N_{som}) aus der N-Menge im Korn und dem Nmin-Wert im Frühjahr berechnet wurde, konnte sie nicht in die Analyse einbezogen werden

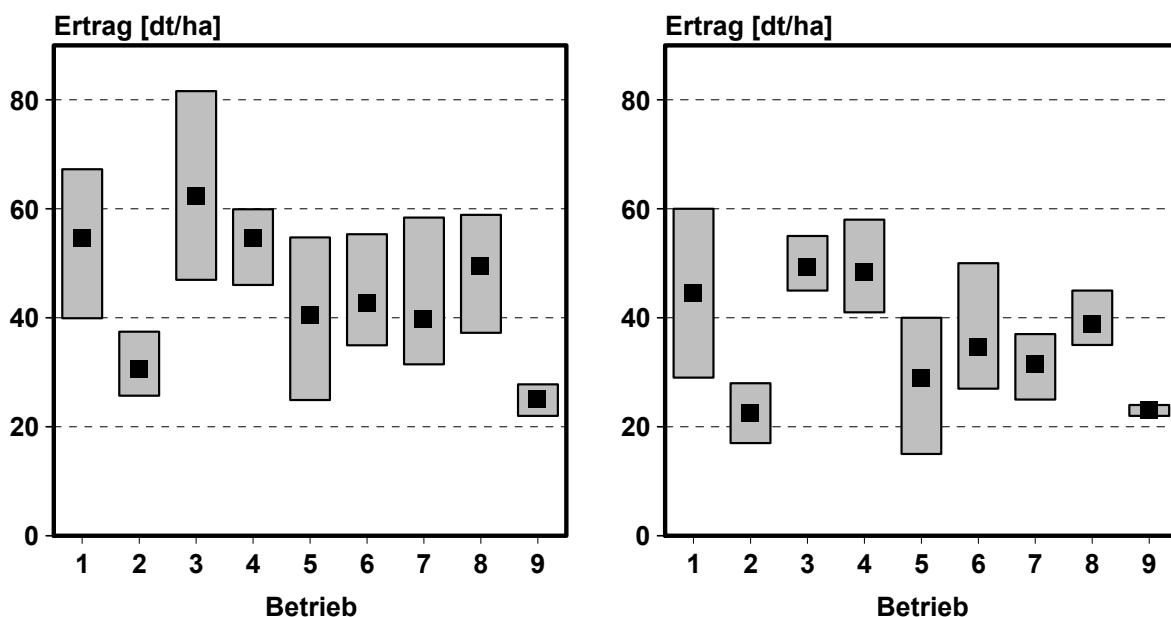


Abbildung 2.19: Links: an den einzelnen Messpunkten der untersuchten Schläge gemessener Getreideertrag; rechts: von der jeweiligen Betriebsleitung für entsprechenden Schläge geschätzter Getreideertrag; jeweils Spannweite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9

Die Ackerzahl wurde als Sammelparameter für Bodeneigenschaften, Lage und Klima bisher nicht mit in die Diskussion einbezogen, da der Einfluss einzelner Kenngrößen untersucht werden sollte. Die relativ enge Korrelation zum Ertrag zeigt jedoch, dass die Ackerzahl anscheinend die ertragswirksamen Standortbedingungen gut abbildet (Tab. 2.10, Abb. 2.20, rechts).

In Abbildung 2.20 (links) wird der Zusammenhang von Ertrag und Nmin90 grafisch dargestellt. Dabei zeigt sich, dass viele Schläge (Grafik-Punkte) deutlich von einer gedachten, ansteigenden Linie abweichen. Auch bei Darstellung des Zusammenhangs von Ertrag und Ackerzahl (Abb. 2.20, rechts) sind einzelne Schläge weit von der Regressionsgeraden entfernt. Ein Vergleich unterschiedlicher Schläge und Schlaggruppen zeigt dafür beispielhaft Gründe auf:

- Die trotz hoher Nmin90-Werte niedrigen Erträge bei den Schlägen der Gruppe A (B1 & B2) hängen wahrscheinlich mit dem hohen Sandanteil der Böden und dem Fehlen einer organischen Düngung zusammen.
- Die hohen Erträge bei relativ niedrigen Nmin90-Werten der Gruppe B (B3 & B4) können hingegen mit den hohen Schluffanteilen der Böden, der hohen nutzbaren Feldkapazität und der intensiven organischen Düngung erklärt werden.
- Der in Relation zur Ackerzahl sehr hohe Ertrag von Schlag C (B3) ist wahrscheinlich auf die intensive organische Düngung zurückzuführen. Wohingegen der niedrige Ertrag auf Schlag D (B9) wohl u.a. auf das Fehlen einer Düngung mit Wirtschaftsdüngern und die hohe Strohdüngung zurückzuführen ist.

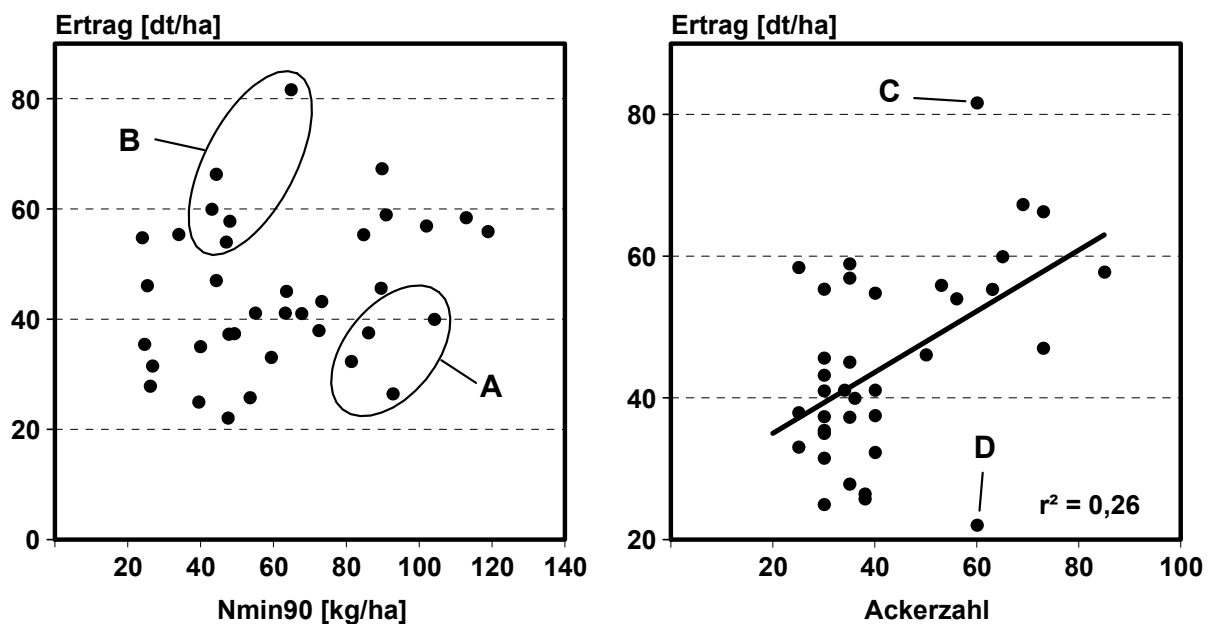


Abbildung 2.20: Links: Streudiagramme mit den Größen Ertrag und Nmin im Frühjahr in 0-90 cm (Nmin90); rechts: Streudiagramme mit den Größen Ertrag und Ackerzahl mit der Regressionsgeraden; jeder Punkt entspricht einem Schlag, Erklärung der Gruppen / Punkte A bis D im Text

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf den Getreideertrag identifiziert:

- **Hohe Erträge bei** hohem Schluffanteil, hoher nutzbarer Feldkapazität, hoher Ackerzahl, hoher Gülldüngung, hoher N-Bilanz des Vorjahres (Vorfrucht & Düngung), hoher sommerlicher N-Mineralisation und bei Anbau einer Getreideart mit hohem Ertragspotential.
- **Niedrige Erträge bei** hohem Sandanteil, hohem Humusbilanzsaldo, hohem Getreide- und/oder Strohdüngungsanteil in der Fruchtfolge, hohem Anteil des Nmins im Frühjahr in den oberen 0-60 cm sowie bei einem hohen Pilzanteil in der Boden-Mikroorganismengesellschaft.

Faktoren der N-Menge im Korn (Korn-N): Das Muster der Korn-N-Werte bezogen auf die Betriebe ist dem der Erträge sehr ähnlich (Abb. 2.21). Die Streuung der einzelnen Schläge je Betrieb ist jedoch deutlich größer. Der Einfluss der Faktoren auf Korn-N entspricht weitgehend dem Einfluss auf den Ertrag (Tab. 2.10). Die Zusammenhänge mit den N-Parametern (z.B. Nmin90 & N-Bilanz des Vorjahres), aber auch mit dem Kleeerasanteil und den bodenmikrobiologischen Größen Ergosterol/Cmik und qCO₂ sind jedoch stärker ausgeprägt (Tab. 2.10). Der Einfluss der Ackerzahl ist hingegen weniger bedeutend. Auch bei dem Parameter Korn-N spielt die jeweilige Getreideart eine Rolle. Von den Heißwasser-Parametern sind sowohl Chwl/Corg als auch Nhw/Nt negativ mit Korn-N korreliert. Dies ändert sich auch nicht bei Berücksichtigung der Standortfaktoren (Bodenart, Klima) in der partiellen Korrelationsanalyse.

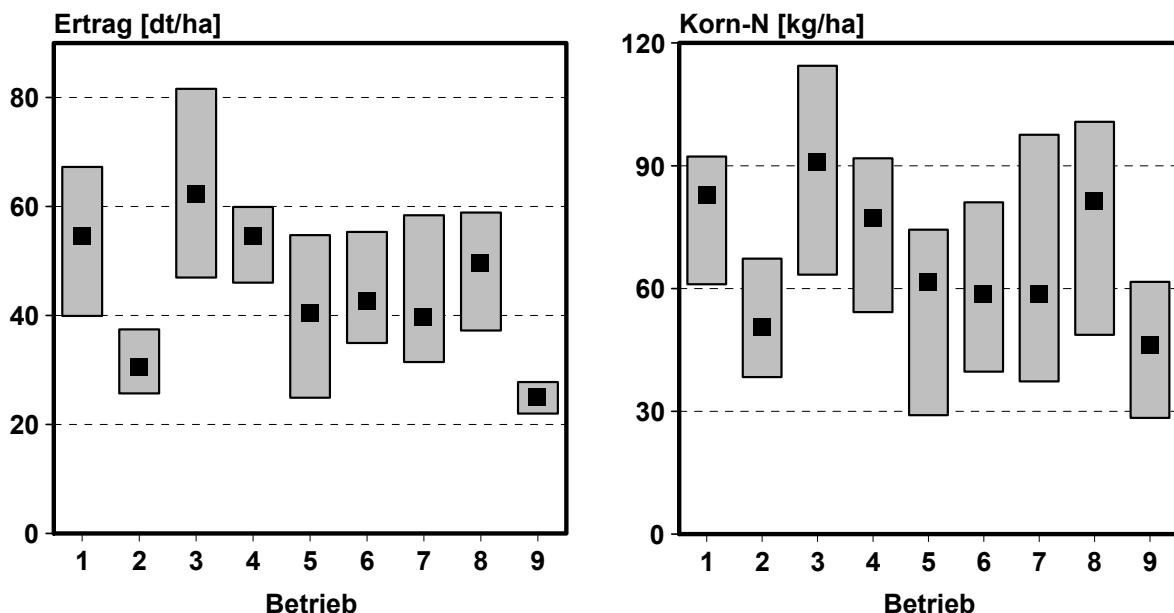


Abbildung 2.21: Links: an den einzelnen Messpunkten der untersuchten Schläge gemessener Getreideertrag; rechts: die daraus ermittelte Korn-N-Menge (Korn-N); jeweils Spannweite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse konnten 70% der Korn-N-Unterschiede zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- Strohdüngungs-C der letzten drei Jahre (Humusbilanz, 16%, negativ),
- Nmin im Frühjahr (14%, positiv),
- N-Bilanz des Vorjahres (Vorfrucht & Düngung, 13%, positiv),
- prozentualer Nmin-Anteil in 0-60 cm (NminVert, 11%, negativ),
- getreideartspezifischer N-Gehalt im Korn (9%, positiv) sowie
- der Gülle-Düngung der letzten drei Jahre (7%, positiv)

erklärt werden. Auch dieses Ergebnis entspricht im Wesentlichen den Zusammenhängen beim Ertrag. Da die sommerliche N-Mineralisation (Nsom) aus der N-Menge im Korn und dem Nmin-Wert im Frühjahr berechnete wurde, konnte sie nicht in die Analyse einbezogen werden.

In Abbildung 2.22 wird der Zusammenhang von Korn-N und dem N-Bilanzsaldo des Vorjahres (Vorfrucht & Düngung) grafisch dargestellt. Dabei zeigt sich, dass viele Schläge (Grafik-Punkte) deutlich von der Regressionsgeraden abweichen. Ein Vergleich unterschiedlicher Schläge und Schlaggruppen zeigt dafür beispielhaft Gründe auf:

- Die trotz geringem N-Bilanzsaldo des Vorjahres hohen Korn-N-Werte bei Schlag A und B (B8 & B2) hängen wahrscheinlich mit der langjährig intensiven organischen Düngung und bei A zusätzlich mit dem hohen Kleeergrasanteil in der Fruchtfolge zusammen.
- Die niedrige Korn-N-Menge des Schlages C (B5) kann mit der relativ geringen Intensität der organischen Düngung bei hoher Strohdüngung erklärt werden. Zudem ist der Schlag erst vier Jahre vor der Beprobung umgestellt worden.

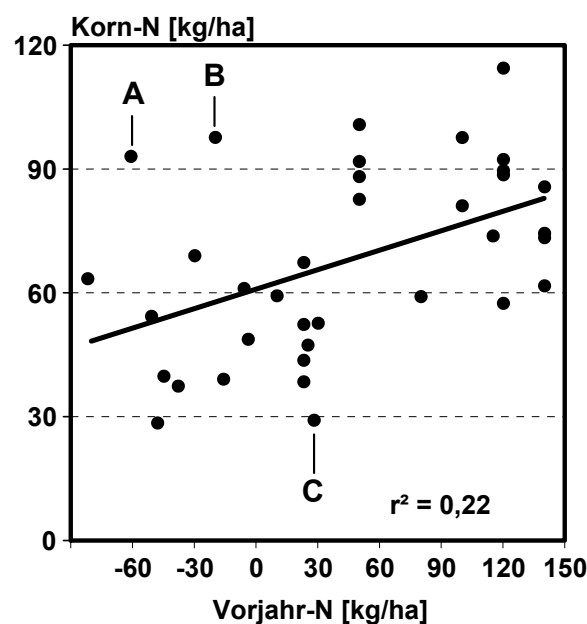


Abbildung 2.22: Streudiagramme mit den Größen N-Menge im Getreidekorn und N-Bilanzsaldo des Vorjahres (Vorfrucht & Düngung) mit Regressionsgerade; jeder Punkt entspricht einem Schlag, Erklärung der Schläge A bis C im Text

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf die N-Menge im Getreidekorn identifiziert:

- **Hohe Korn-N-Mengen bei** hohem Schluffanteil, hoher nutzbarer Feldkapazität, hoher Ackerzahl, hohen Nmin-Werten im Frühjahr, hoher sommerlicher N-Mineralisation, hohem Klee gras- bzw. Gründungsanteil in der Fruchtfolge, hoher Gülledüngung, hoher N-Bilanz des Vorjahres (Vorfrucht & Düngung) und bei Anbau einer Getreideart mit hohem Ertragspotential.
- **Niedrige Korn-N-Mengen bei** hohem Anteil des Nmins im Frühjahr in den oberen 0-60 cm, hohem Getreide- und/oder Strohdüngungsanteil in der Fruchtfolge sowie bei einem hohen Pilzanteil in der Boden-Mikroorganismengesellschaft und hohem Metabolischen Quotient.

Der Einfluss der Faktoren auf die N-Menge im Getreidekorn entspricht weitgehend dem Einfluss auf den Ertrag.

Faktoren des N-Gehaltes im Getreidekorn (KN-Gehalt): Der N-Gehalt im Korn hängt bekanntermaßen stark von der Getreideart und –sorte ab. Auch die N-Versorgung des Getreides und andere Wachstumsfaktoren (z.B. Wasserversorgung, Temperaturverlauf, Krankheitsbefall) spielen eine große Rolle. Der hier gemessene KN-Gehalt variiert stärker zwischen den Schlägen der einzelnen Betriebe als zwischen den Betrieben (Abb. 2.23, links). Dies ist wahrscheinlich vor allem auf den Einfluss der unterschiedlichen Getreidearten zurückzuführen, da auf jedem Betrieb verschiedene Arten untersucht wurden.

Unter den Standortbedingungen konnte nur der Zusammenhang von KN-Gehalt mit den winterlichen Niederschlägen abgesichert werden (Tab. 2.10). Eine Erklärung für den positiven Einfluss hoher Winterniederschläge auf den KN-Gehalt kann eventuell eine stärkere Nitratverlagerung im Boden sein. Diese könnte zu einem "Spätdüngungseffekt" durch den N in tieferen Bodenschichten führen und damit auch zu höheren KN-Gehalten. Der deutliche, negative Einfluss einer langen Phase ohne Bewuchs über Winter (Umbruch der Vorkultur bis Ende des Jahres) weist jedoch darauf hin, dass eine Nitratverlagerung nicht zu früh beginnen darf. Von den weiteren Bewirtschaftungsfaktoren weist v.a. die Fruchtfolge mit den Kenngrößen Klee gras- bzw. Gründungsanteil, mittelfristiger Anteil an Leguminosenvorfrüchten (3 Jahre) und N-Bilanz des Vorjahres eine positive Korrelation zum KN-Gehalt auf. Ein Einfluss der Düngung auf den KN-Gehalt ist nicht signifikant, wahrscheinlich u.a. weil kurzfristige Düngungsmaßnahmen auf den untersuchten Schlägen nicht durchgeführt wurden. Zusammenhänge von KN-Gehalt und Kenngrößen der Boden-OS sind nicht nachweisbar.

Bei Verwendung der multiplen Regressionsanalyse konnten 72% der Unterschiede im KN-Gehalt zwischen den Schlägen mit den Faktoren

- getreideartspezifischer N-Gehalt im Korn (20%, positiv),
 - Niederschlagsmenge über Winter (14%, positiv),
 - Monate ohne Bewuchs (Umbruch der Vorkultur bis Ende des Jahres, 13%, negativ),
 - Anteil an Leguminosen in den letzten drei Jahren (13%, positiv) sowie
 - langfristiger Klee gras- bzw. Gründungsanteil in der Fruchtfolge (12%, positiv)
- erklärt werden.

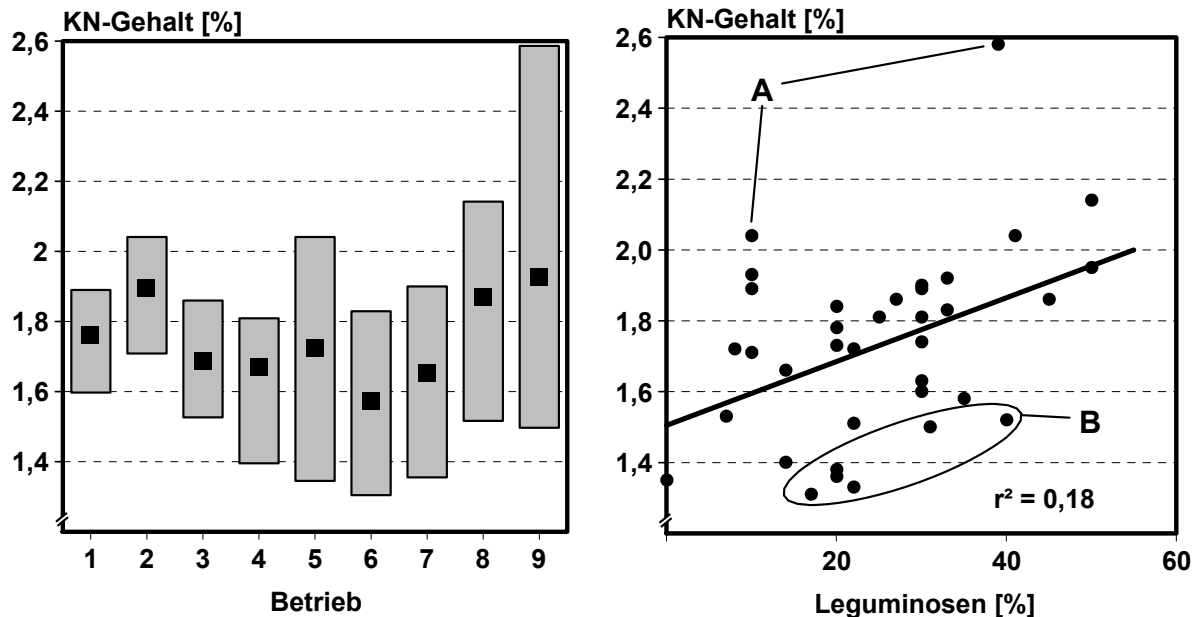


Abbildung 2.23: Links: N-Gehalt im Getreidekorn (KN-Gehalt), jeweils Spannbreite und Mittelwert der untersuchten Schläge auf den Betrieben 1 bis 9; rechts: Streudiagramme mit den Größen KN-Gehalt und Anteil an Leguminosen in der Fruchtfolge in den letzten drei Jahren mit der Regressionsgeraden, jeder Punkt entspricht einem Schlag, Erklärung der Gruppen A & B im Text

In Abbildung 2.23 (rechts) wird der Zusammenhang von KN-Gehalt und dem Anteil an Leguminosen in den letzten drei Jahren grafisch dargestellt. Dabei zeigt sich, dass viele Schläge (Grafik-Punkte) deutlich von der Regressionsgeraden abweichen. Ein Vergleich unterschiedlicher Schlaggruppen zeigt dafür beispielhaft Gründe auf:

- Die sehr hohen KN-Gehalte der Schläge in Gruppe A (B2 & B9) lassen sich wohl z.T. auf die gute Vorfrucht (Klee grasbrache bzw. starke Kleeuntersaat) und den sehr kurzen Zeitraum ohne Bewuchs zurückführen.
- Auf den Schlägen der Gruppe B (B6, B7, B8 & B9) stand im Untersuchungsjahr jeweils Winterroggen nach relativ frühem Umbruch der Vorkultur. Für die niedrigen KN-Gehalte können somit das relativ geringe Potential von Roggen sowie die lange Zeit ohne Bewuchs verantwortlich sein.

Zusammenfassend wurde für die untersuchten Betriebe ein Einfluss folgender Faktoren auf den N-Gehalt im Getreidekorn identifiziert:

- **Hohe KN-Gehalte bei** hoher Niederschlagsmenge über Winter, hohem Klee gras- bzw. Gründungsanteil in der Fruchtfolge, hohem Anteil an Leguminosen in den letzten drei Jahren, hohem N-Bilanzsaldo des Vorjahres (Vorfrucht & Düngung) und bei Anbau einer Getreideart mit hohem N-Gehaltspotential.
- **Niedrige KN-Gehalte bei** Erträgen nach langer Phase ohne Bewuchs nach Umbruch der Vorkultur.

Tabelle 2.10: Standort- und Bewirtschaftungs-Kenngrößen der neun Betriebe als Faktoren verschiedener Getreideertrags-Parameter; dargestellt sind die Korrelationskoeffizienten von Kenngrößen, die signifikante Korrelationen aufweisen

Kenngröße	Ertrag	Korn-N (Menge)	N-Gehalt
Boden			
Sandanteil	-0,34		
Schluffanteil	0,37	0,31	
Nutzbare Feldkapazität	0,44	0,37	
Nmin 0-90 cm, Frühjahr		0,35	
% Nmin 0-60 cm	-0,42	-0,43	
sommerliche N-Mineralisation	0,71	,70	
Ackerzahl	0,51	0,43	
Witterung			
Niederschlagsmenge von Oktober Vorjahr bis Beprobung			0,40
Bewirtschaftung			
Monate ohne Bewuchs Vorfrucht bis Jahresende			-0,50
Kleegras- / Gründungsanteil der Fruchtfolge		0,44	0,43
Anbauanteil Leguminosen, 3 Vorjahre			0,46
Getreideanteil der Fruchtfolge	-0,60	-0,54	
Strohdüngungs-C, langfristig (aus Humusbilanz)	-0,44	-0,37	
Strohdüngungs-C, 3 Vorjahre	-0,51	-0,45	
Güllemenge, 3 Vorjahre	0,30		
Humusbilanz, langfristig	-0,37		
Humusbilanz, nur Fruchtfolge	-0,48		0,33
N-Bilanz, langfristig			0,36
N-Bilanz, Vorjahr	0,38	0,47	0,39
N-Gehaltspotential der Getreidearten		0,38	0,70
Ertragspotential der Getreidearten	0,50	0,52	
Organische Substanz			
Ergosterol/Cmik	-0,40	-0,45	
qCO ₂		-0,31	-0,32
Chwl/Corg	-0,45	-0,42	
Nhwl/Nt	-0,47	-0,43	

2.2.3 Zusammenfassung / Fazit

In den Jahren 2005 bis 2006 erfolgte auf neun Ökobetrieben mit unterschiedlichen Standortbedingungen und Bewirtschaftungssystemen eine Untersuchung von insgesamt 39 Getreideschlägen. Im wesentlichen wurden dabei folgende Themen bearbeitet: (1) Organische Substanz im Boden, Faktoren ihrer Menge und ihrer Eigenschaften sowie ihr Einfluss auf den Getreideertrag; (2) weitere, die N-Versorgung und den Getreideertrag beeinflussende Faktoren; (3) Bewertung von bodenbiologischen Kenngrößen im Hinblick auf ihre Eignung, die Einschätzung des Betriebsleiters über Eigenschaften von Standort, Bewirtschaftung und Vorgänge im Boden zu unterstützen.

Im Rahmen dieses Projektteils wurden sowohl Standort- und Bewirtschaftungsdaten abgefragt als auch eine Reihe von Boden- und Pflanzenuntersuchungen durchgeführt. Die Auswertung erfolgte in zwei Abschnitten. Eine betriebsübergreifende, v.a. statistische Auswertung prüfte grundsätzliche Zusammenhänge zwischen einzelnen Kenngrößen. Im zweiten Schritt erfolgte die Betrachtung der einzelnen Betriebe unter Berücksichtigung der spezifischen Standorteigenschaften und Bewirtschaftungsformen.

Die Betriebsauswahl erfolgte nicht im Hinblick auf ihre Repräsentativität. Deshalb können die Ergebnisse nicht auf jeden Standort und jedes Bewirtschaftungssystem übertragen werden. Bodeneigenschaften oder Ertragsbildung werden jedoch in jedem Betrieb durch komplexe Zusammenhänge der individuellen Standorteigenschaften, Umwelteinflüsse, langfristigen Bewirtschaftungsgeschichte und aktuellen Bewirtschaftung geprägt. Deshalb sollte in jedem Fall geprüft werden, welche Zusammenhänge im Einzelfall eine bedeutende Rolle spielen könnten. Aus methodischen Gründen wurden auf den untersuchten Schlägen zur geprüften Kultur keine Düngungsmaßnahmen durchgeführt. Die Ergebnisse beziehen sich daher auf ungedüngte Getreidebestände.

2.2.3.1 Organische Substanz im Boden – Faktoren und Einfluss auf den Getreideertrag

Zur Beschreibung der organischen Substanz im Boden wurden verschiedene Kenngrößen ausgewählt. Diese sollten auf der einen Seite aus landwirtschaftlicher Sicht aussagekräftige Indikatoren für Bodeneigenschaften sein und auf der anderen Seite bei der Untersuchung eine deutliche Charakterisierung einzelner Schläge ergeben. Parameter, die über alle untersuchten Betriebe und Schläge kaum Unterschiede aufweisen, wurden nicht mit ausgewertet. Ausgewählt wurden:

Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS; u.a. positiver Zusammenhang mit der Struktur, der Wasserverdaulichkeit und -haltefähigkeit, der Erwärmbarkeit und der Nährstoffspeicherung des Bodens).

Das **C/N-Verhältnis** der OS (enges C/N-Verhältnis: meist hohe biologische Aktivität und hohe Leistungsfähigkeit bei der N-Mineralisation).

Der Anteil von **mikrobieller Biomasse** an der OS (C_{mik}/C_{org}; empfindlicher Indikator für die biologische Aktivität der OS, hohe C_{mik}/C_{org}-Werte: oft hohe Humusverfügbarkeit und N-Mineralisationsleistung).

Das **C/N-Verhältnis** innerhalb **der mikrobiellen Biomasse** (C_{mik}/N_{mik} ; Indikator für die N-Verfügbarkeit aus der OS, niedrige C_{mik}/N_{mik} -Werte: leistungsfähige Mikroorganismen).

Der **Ergosterolgehalt** der mikrobiellen Biomasse ($Ergosterol/C_{mik}$; Maß für den Pilzanteil bei den Mikroorganismen, hoher $Ergosterol/C_{mik}$ -Wert: langsamer aber effizienter Stoffumsatz).

Der **Metabolische Quotient** (qCO_2 ; hohe qCO_2 -Werte: geringe Effizienz der Mikroorganismen oder Störungen des Bodens).

Sowohl der OS-Gehalt als auch die Eigenschaften der OS werden bei den untersuchten Betrieben sehr stark von einer Vielzahl von Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren beeinflusst. Während beim OS-Gehalt die Standortbedingungen den größten Einfluss haben, reagieren einzelne OS-Eigenschaften empfindlicher auf die Bewirtschaftung.

Unter den Standortbedingungen der neun Betriebe sind die stärksten Zusammenhänge mit der organischen Substanz beim Klima und der Bodenart sichtbar. In der Tabelle wird der Zusammenhang hoher Werte der Standortfaktoren mit niedrigen (↓) bzw. hohen Werten (↑) der OS-Parameter dargestellt:

Hohe Werte von:	OS	C/N	C_{mik}/C_{org}	C_{mik}/N_{mik}	Erg^1/C_{mik}	qCO_2
Ø Temperatur	↓				↓	↓
Ø Niederschlagsmenge		↓			↓	↓
Stein- & Sandanteil	↑	↑	↓		↑	↑
Schluffanteil	↓	↓			↓	
Tonanteil	↑	↓	↑			

1 Ergosterol

Ein Einfluss der unterschiedlichen Bewirtschaftung bei den neun Betrieben zeigt sich vor allem in den Bereichen Fruchtfolge und Düngung. In der Tabelle wird der Zusammenhang hoher Werte der Bewirtschaftungsfaktoren mit niedrigen (↓) bzw. hohen Werten (↑) der OS-Parameter dargestellt:

Hohe Werte von:	OS	C/N	C_{mik}/C_{org}	C_{mik}/N_{mik}	Erg^1/C_{mik}	qCO_2
Klee grasanteil ²	↑		↑			
Strohdüngung		↑	↓		↑	
Wirtschaftsdünger ³		↓	↑	↓	↓	
Humusbilanz	↑					
Bearbeitungstiefe	↓					

1 Ergosterol; 2 in der Fruchtfolge; 3 vor allem Mistdüngung

Die gefundenen Zusammenhänge entsprechen in ihrer Ausrichtung im wesentlichen Beziehungen, die auch in der Literatur beschrieben wurden. Interessant ist jedoch die Gewichtung. Während aus Exaktversuchen an *einem* Standort starke Bewirtschaftungseinflüsse abgeleitet werden können, zeigt sich bei dem hier vorliegenden weiten Spektrum an Standorten,

dass die Boden- und Klimavoraussetzungen im Vergleich einen deutlich größeren Einfluss haben. Weiterhin werden bei der Analyse der einzelnen Betriebe unterschiedliche Ausprägungen der Beziehungen zwischen Standort, Bewirtschaftung und organischer Substanz erkennbar. Auch die mögliche Ursachen hierfür variieren stark. Dies verdeutlicht die große Bedeutung eines standortspezifischen Vorgehens bei der Bewertung bzw. Optimierung von ökologisch wirtschaftenden Betrieben.

Die Beziehungen zwischen Kenngrößen der organischen Substanz und der N-Versorgung bzw. dem Ertrag des untersuchten Getreides sind meist nicht sehr eng. Der OS-Gehalt im Boden zeigte keinen Zusammenhang mit dem Ertrag oder der N-Versorgung. Einzelne Parameter der OS-Qualität weisen jedoch signifikante aber z.T. schwer interpretierbare Verbindungen auf. Einleuchtend ist der Zusammenhang von engem C/N-Verhältnis bzw. hohem Cmik/Corg-Wert (hohe biologische Aktivität) mit hoher sommerlicher N-Mineralisation. Auch dass hohe Ergosterol/Cmik-Werte bzw. ein hoher Metabolischer Quotient (langsame bzw. gestörte Umsetzungsprozesse) eher mit niedrigen Erträgen in Verbindung stehen scheint schlüssig.

2.2.3.2 Faktoren der N-Versorgung und des Ertrags von Getreide

Für die Analyse der N-Versorgung der untersuchten Getreidebestände wurden die Kenngrößen Nmin im Frühjahr (Nmin90) und sommerliche N-Mineralisation (Nsom) gewählt. Die im Korn enthaltene N-Menge (Korn-N) ist sowohl ein Maß für die gesamte N-Versorgung als auch für die Ertragsbeurteilung.

Bei den Standortbedingungen der neun Betriebe weisen die Bodenart und die im wesentlichen daraus abgeleiteten Größen nutzbare Feldkapazität und Ackerzahl die stärksten Zusammenhänge mit der N-Versorgung und dem Getreideertrag auf. In der Tabelle wird der Zusammenhang hoher Werte der Standortfaktoren mit niedrigen (↓) bzw. hohen Werten (↑) der N-Parameter oder des Ertrags dargestellt:

Hohe Werte von:	Nmin90	Nsom	Korn-N	Ertrag
Niederschlag über Winter	↓			
Stein- & Sandanteil	↑	↓		↓
Schluffanteil		↑	↑	↑
Tonanteil	↓	↑	↓	
nutzbare Feldkapazität		↑	↑	↑
Ackerzahl			↑	↑

Erstaunlich ist der durchschnittlich positive Zusammenhang zwischen Sandanteil und Nmin im Frühjahr. Dies kann z.T. mit einer intensiveren Mineralisation im schneller erwärmbaren leichten Boden begründet sein. Eine Reihe von sandreichen Schlägen weicht aufgrund starker Nitratauswaschung jedoch von dieser Beziehung ab. Die anderen in der Tabelle dargestellten Zusammenhänge entsprechen im wesentlichen dem Erkenntnisstand.

Ein Einfluss der unterschiedlichen Bewirtschaftung bei den neun Betrieben zeigt sich vor allem in den Bereichen Fruchtfolge und Düngung. In der Tabelle wird der Zusammenhang hoher Werte der Bewirtschaftungsfaktoren mit niedrigen (↓) bzw. hohen Werten (↑) der N-Parameter oder des Ertrag dargestellt:

Hohe Werte von:	Nmin90	Nsom	Korn-N	Ertrag
Kleegrasanteil ¹	↑		↑	
Getreideanteil ¹		↓	↓	↓
Strohdüngung	↑	↓	↓	↓
Wirtschaftsdünger		↑	↑	↑
N-Bilanz des Vorjahres ²		↑	↑	↑
Brachephase Vorjahr	↓			
Ertragspotential der Art		↑	↑	↑

1 in der Fruchtfolge; 2 Vorfrucht und Düngung

Bis auf den Zusammenhang zwischen Getreideanteil und Strohdüngung mit den N-Parametern und dem Ertrag entsprechen die anderen in der Tabelle dargestellten Zusammenhänge im wesentlichen dem Erkenntnisstand. Der oben beschriebene Einfluss der Strohdüngung auf die Eigenschaften der organischen Substanz im Boden kann eine Ursache für die Wirkung auf die N-Versorgung und die Ertragsbildung sein. Von den beiden N-Versorgungs-Größen Nmin und Nsom hat Nsom die deutlich engere Beziehung zum Ertrag und zu der N-Menge im Korn (Korn-N). Allerdings muss dabei beachtet werden, dass Nsom als Indikator für die sommerliche N-Mineralisation als Differenz aus Korn-N und Nmin berechnet wurde. Bei der Ertragsbildung der untersuchten Getreidebestände spielte die Versorgung mit den Grundnährstoffen (P, K, Mg) sowie der pH-Wert anscheinend keine große Rolle. Auch ein Zusammenhang zwischen Ertrag und den Durchschnittswerten der aktuellen Witterung wurde nicht gefunden.

Wie bei den Kenngrößen der OS können auch bei N-Versorgung und Ertrag im Einzelfall sehr unterschiedliche Ausprägungen der Beziehungen zu Standort und Bewirtschaftung auftreten. Deshalb ist auch in Bezug auf den Getreideertrag und die N-Versorgung ein standort-spezifisches Vorgehen bei der Bewertung bzw. Optimierung von ökologisch wirtschaftenden Betrieben wichtig.

2.2.3.3 Charakteristische Betriebstypen

Im Folgenden werden auf Basis der untersuchten Betriebe drei Extremtypen abgeleitet und jeweils Ziele für eine nachhaltige Bewirtschaftung formuliert.

Typ 1: Umsatzstarker Standort mit hohen Temperaturen, mittleren Niederschlagsmengen, schluffigen bis lehmigen Böden und schnellem Abbau leicht verfügbarer N-Substrate. Intensive Bewirtschaftung mit hohem Getreide-Ertragsniveau, niedrigem Kleegras- und hohem Hackfruchtanteil in der Fruchtfolge; geringer Strohdüngung und dem Einsatz N-reicher Wirtschafts- oder Handelsdünger (z.B. Gülle, Haarmehlpellets).

→ Niedrige bzw. sinkende Humusgehalte, nachlassende Bodenstruktur und N-Nachlieferung aus dem Boden.

Wichtige Ziele: Steuerung bzw. Bremsen der Umsetzungsprozesse, um eine bedarfsgerechte N-Versorgung bei Erhalt oder Aufbau des Humusgehaltes zu sichern und N-Verluste auf den leichteren Böden zu minimieren.

Mögliche Maßnahmen: Höherer Anteil Klee gras, statt einjährigem auch über- bis mehrjähriger Klee grasanbau (langsamere Mineralisation), eher Mist- statt Gölledüngung, neben organischen N-Düngern auch andere humusaufbauende Stoffe wie Grüngutkompost anwenden sowie eine reduzierte Intensität der Bodenbearbeitung. Auch eine langfristige Strohdüngung kann zum Bremsen der N-Mineralisation und zur Verbesserung der Bodenstruktur beitragen (höherer Pilzanteil bei den Mikroorganismen im Boden).

Typ 2: Umsatzschwacher Standort mit niedrigen Temperaturen und niedrigen Niederschlagsmengen, steinigen, sandigen und/oder flachgründigen Böden und wechselnden Phasen schneller und reduzierter Abbaugeschwindigkeit (je nach Temperatur & Feuchte). Bewirtschaftung mit mittlerem Klee gras- und hohem Getreideanteil in der Fruchtfolge, Strohdüngung und Einsatz von Mist.

→ Hohe, evtl. steigende Humusgehalte, gute Bodenstruktur, z.T. unzureichende N-Nachlieferung aus dem Boden bzw. große N-Verluste durch Nitratauswaschung.

Wichtige Ziele: Steuerung (Bremsen & Beschleunigen) der Umsetzungsprozesse, um eine bedarfsgerechte N-Versorgung bei Minimierung der N-Verluste zu sichern.

Mögliche Maßnahmen: Hoher Kleeanteil im Klee gras, ein- bis überjähriger statt mehrjähriger Klee grasanbau, Vermeidung langer Brachephasen vor und über Winter, Einsatz N-reicher Dünger (z.B. Gölle, organische Handelsdünger) und angepasste Bodenbearbeitungsmaßnahmen (z.B. Frühjahrsumbruch oder tiefes Hacken) zur Aktivierung der Umsetzungsprozesse im Frühjahr sowie Reduzierung der Strohdüngung.

Typ 3: Umsatzschwacher Standort mit niedrigen Temperaturen und hohen Niederschlagsmengen, tonigen Böden und eher träger Umsetzung von organischem Material. Viehlose Bewirtschaftung mit mittlerem Anteil an Klee grasgründung, hohem Getreideanteil und intensiver Strohdüngung, kein Einsatz von Wirtschaftsdüngern.

→ Sehr hohe Humusgehalte, relativ gute Bodenstruktur des flachen Oberbodens, unzureichende N-Nachlieferung aus dem Boden und kaum N-Verluste durch Nitratauswaschung.

Wichtige Ziele: Steuerung (Beschleunigung) der Umsetzungsprozesse, um eine höhere N-Versorgung zu erreichen.

Mögliche Maßnahmen: Hoher Kleeanteil im Klee gras, ein- bis überjähriger statt mehrjähriger Klee grasanbau, Einsatz N-reicher Dünger (z.B. Gölle, organische Handelsdünger) und, bei Berücksichtigung der Bodenstruktur, Intensivierung der Bodenbearbeitung evtl. auch mit längeren Brachephasen (Böden mit geringem Auswaschungsrisiko) zur Anreicherung löslichen Stickstoffs sowie Reduzierung der Strohdüngung.

Fazit: Die weit verbreitete These, dass durch den Ökologischen Landbau der Humusgehalt im Boden gesichert oder gesteigert wird, trifft nicht für jeden Standort bzw. jedes Bewirtschaftungssystem zu. Auch dass ein Anstieg des Humusgehaltes in jedem Fall positiv zu bewerten ist, muss in Frage gestellt werden. Bei intensiv wirtschaftenden Ökobetrieben auf umsatzstarken Standorten ist der Erhalt des Humusgehaltes ein wichtiges Ziel und ein

Anstieg meist mit positiven Effekten verbunden. Extensiv bewirtschaftete Betriebe auf umsatzschwachen Standorten sind hingegen meist durch hohe Humusgehalte geprägt. Dort sind Maßnahmen zur Steigerung der Umsetzungsprozesse solchen zum Humusaufbau vorzuziehen. Nach wie vor bietet auch die Minimierung von N-Verlusten durch Nitratauswaschung, vor allem auf leichten Böden, ein großes Potential bei der Optimierung von ökologischen Anbausystemen. Insgesamt ist ein auf den Standort und die Bewirtschaftungsform zugeschnittenes Vorgehen bei einer Bewertung oder Optimierung von ökologisch wirtschaftenden Betrieben von großer Bedeutung.

2.2.3.4 Kenngrößen zur Einschätzung von Standort, Boden und Bewirtschaftung

Von den geprüften Kenngrößen der organischen Substanz haben in der vorliegenden Untersuchung v.a. der OS-Gehalt, das C/N-Verhältnis, die mikrobielle Biomasse und deren Ergosterol-Gehalt zum Verständnis von Zusammenhängen im System Umwelt-Boden-Pflanze beitragen können. In diesem komplexen System mit seinen unüberschaubaren Wechselwirkungen ist jedoch kein einzelner Parameter für die Beurteilung von Bodenqualität oder Bewirtschaftung geeignet. Wichtige Größen zur Beurteilung der Standorteigenschaften sind die Bodenart und Klimaangaben, die Ackerzahl fasst diese oft treffend zusammen. Im Einzelfall sind auch Ergebnisse über pH-Wert und Nährstoffgehalte hilfreich.

Von den Messgrößen der Heißwasseranalytik waren v.a. bei dem Verhältnis von N_{hw} zu N_t deutliche Zusammenhänge zu Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren erkennbar. Eindeutige Hinweise, dass dieser Parameter den leicht verfügbaren N widerspiegelt konnten in dieser Untersuchung jedoch nicht gefunden werden. Es ist möglich, dass hier der große Einfluss der Standortfaktoren Zusammenhänge überdeckt hat.

Für eine Quantifizierung der Bewirtschaftung haben sich u.a. die Anbauanteile verschiedener Fruchtartengruppen (z.B. Klee gras, Getreide, etc.), Angaben über die Nutzung (z.B. Strohdüngung) und durchschnittliche Düngemengen als geeignet erwiesen. Auch die Salden von Humus und N-Bilanz konnten trotz der methodischen Probleme der Verfahren und ihrer Ungenauigkeit zur Abbildung der Bewirtschaftungssysteme beitragen. Besonders wichtig war dabei die separate Berechnung von Teilgrößen, wie z.B. Bilanz der Fruchtfolge bzw. der Düngung oder langfristige, mittelfristige (3 Jahre) und kurzfristige (1 Jahr) Bilanzen.

Um die Aussagekraft vergleichbarer Untersuchungen zu steigern, wäre u.a. eine detaillierte Einbeziehung der Unterbodeneigenschaften, der Bodenbearbeitung (Tiefe und Häufigkeit) sowie genauere Angaben zu den Basisdaten der N-Bilanz (z.B. $\emptyset$ Klee grasertrag und -zusammensetzung, N-Gehalte der Düngemittel) wünschenswert. Auch eine Quantifizierung des aktuellen Witterungsverlaufes (N_{min} - bzw. wachstums-relevant) über Durchschnittswerte hinaus wäre sinnvoll. Problematisch ist dabei jedoch, dass oft auch Einzelereignisse (z.B. starke Niederschläge, Spätfröste oder ein Wechsel von trocken-heißer zu nasser Phase) das Wachstum der Pflanzen und die Prozesse im Boden stark beeinflussen können.

2.2.4 Individuelle Betriebsauswertung

2.2.4.1 Betriebsübersicht

	Seite
B1: Über 20 Jahre ökologisch; günstige Klima- & Bodenbedingungen (Ackerzahl 40-70); viehloser Betrieb; hoher Klee gras- / Gründungsanteil; Getreide- & Kartoffelproduktion; hohes Getreide-Ertragsniveau; keine Wirtschaftsdünger, geringe Mengen org. Handelsdünger; Probleme: Sinkende Erträge & Samenunkräuter.	61
B2: Seit 17 Jahren ökologisch; günstige Klima- & ungünstige Bodenbedingungen (sandig, Ackerzahl 40); viehloser Betrieb; wenig Klee grasgründung; Getreide in weiter Reihe mit Leguminosenuntersaat & Körnerleguminosenproduktion; niedriges Getreide-Ertragsniveau; keine Düngung; Probleme: Nesterweise Schäden der Körnerfrüchte (siehe Kap. Mehrjährige Schadnester in Getreidebeständen).	67
B3: Seit 18 Jahren ökologisch; günstige Klima- & Bodenbedingungen (Ackerzahl 55-75); Milchvieh (0,75 GV/ha); niedriger Klee gras- / Gründungsanteil; intensive Hack- & Druschfruchtproduktion; hohes Getreide-Ertragsniveau; hohe Mengen Wirtschaftsdünger; Probleme: Sinkende Erträge, N-Nachlieferung & Stabilität der Bodenstruktur.	73
B4: Seit 8 Jahren ökologisch; günstige Klima- & Bodenbedingungen (Ackerzahl 50-80); Milchviehhaltung (0,6 GV/ha); Futter-Klee grasanbau; intensive Drusch- und Hackfruchtproduktion; hohes Getreide-Ertragsniveau; Wirtschaftsdüngereinsatz; Probleme: Niedrige Humusgehalte.	79
B5: Seit 19 Jahren ökologisch; mittlere Klima- & ungünstige Bodenbedingungen (sandig & tonig, Ackerzahl 30-40); Tierhaltung (0,5 GV/ha); hoher Klee grasanteil; Druschfruchtproduktion; mittleres Getreide-Ertragsniveau; Wirtschaftsdüngereinsatz; Probleme: Intensive Förderung der Bodenfruchtbarkeit & stagnierende Erträge.	85
B6: Seit 15 Jahren ökologisch; ungünstige Klima- & Bodenbedingungen (sandig, Ackerzahl 30); Ochsenmast (0,3 GV/ha); Klee grasanbau (Gründung & Futter); Druschfruchtproduktion; mittleres Getreide-Ertragsniveau; Wirtschaftsdüngereinsatz; Probleme: Stagnierende Erträge evtl. verbundenen mit Humusanstieg.	91
B7: Seit 15 Jahren ökologisch; ungünstige Klima- & Bodenbedingungen (sandig, Ackerzahl 25-30); Kalbinnenaufzucht (0,3 GV/ha); Klee grasanbau (Gründung & Futter); Druschfruchtproduktion; mittleres Getreide-Ertragsniveau; Wirtschaftsdüngereinsatz; Probleme: Stagnierende Erträge evtl. verbunden mit Humusanstieg.	97
B8: Seit 15 Jahren ökologisch; ungünstige Temperatur- & Bodenbedingungen (sandig, Ackerzahl 35); Milchviehhaltung (1,1 GV/ha); hoher Klee grasfutteranteil; Getreideproduktion; hohes Getreide-Ertragsniveau; intensiver Wirtschaftsdüngereinsatz; Probleme: Hohe Intensität & geringes, sinkendes Ertragsniveau, geringe Düngerwirkung.	103
B9: Seit 14 Jahren ökologisch; ungünstige Klima- & Bodenbedingungen (tonig, Ackerzahl 35-60); Mutterkuhhaltung (0,4 GV/ha); Teil der Flächen viehlos; Klee grasbrache & -futter; Druschfruchtproduktion; niedriges Getreide-Ertragsniveau, z.T. Wirtschaftsdüngereinsatz; Probleme: Stagnierendes Ertragsniveau bei hohem Humusgehalt.	109

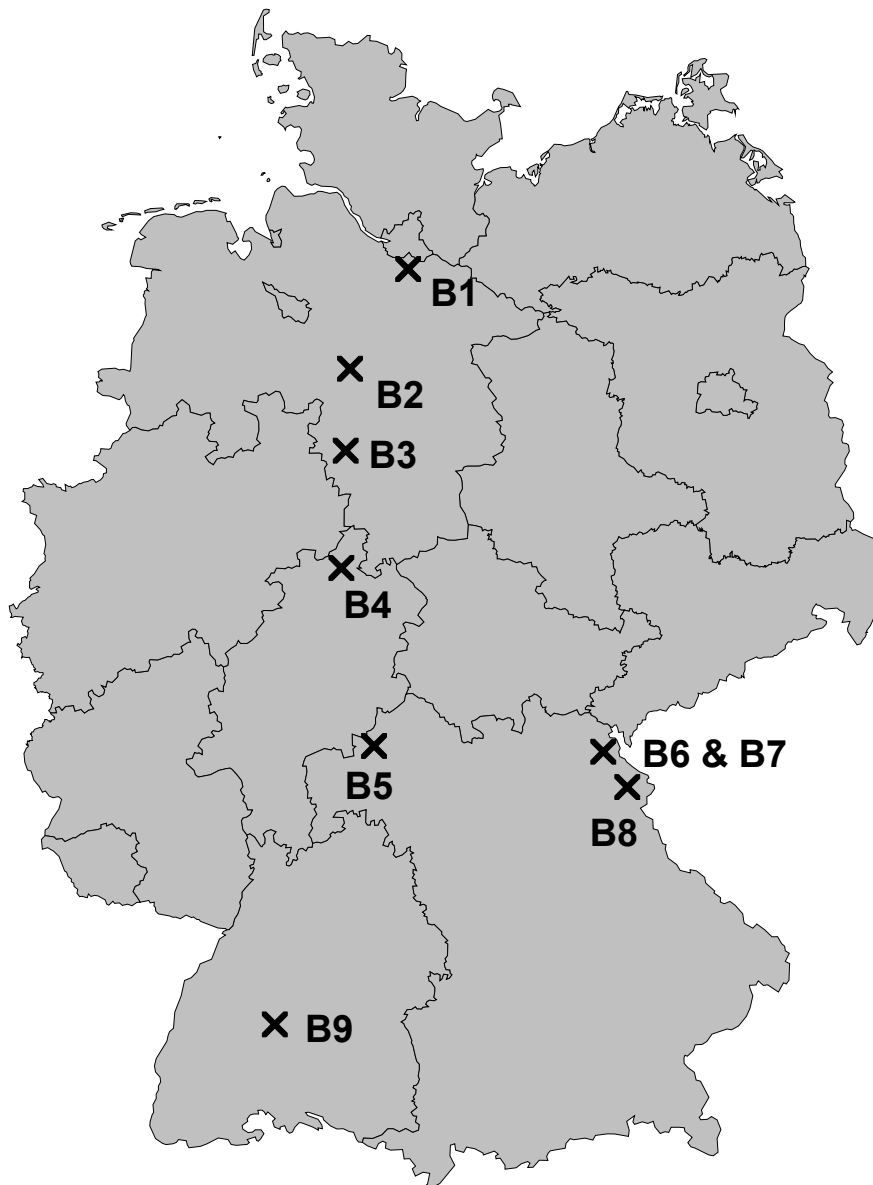


Abbildung 2.24: Geographische Lage der Betriebe B1 bis B9

2.2.4.2 Gliederung der einzelnen Betriebskapitel

Betriebsbeschreibung: Stichwortartige Beschreibung von Standort, Betriebsstruktur, Betriebsgeschichte und Ackerbausystem.

Untersuchte Schläge: Beschreibung der untersuchten Schläge und tabellarische Darstellungen der Ergebnisse.

Auswertung: Auswertung und Diskussion der Untersuchungsergebnisse.

Zusammenfassung / Fazit: Kurzbeschreibung des Betriebs, Bewertung der Bewirtschaftung und Schlussfolgerungen zu den durchgeführten Untersuchungen.

Betriebsbeispiel 1 (B1)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Niedersachsen)

Höhe: ca. 25 - 40 m ü. NN

Niederschlag: Ø 730 mm/a

Temperatur: Ø 9,6°C (Ø 30 Frosttage / Jahr)

Bodenart: v.a. sandiger Lehm, etwas schwach lehmiger bis lehmiger Sand

Bodentypen: Parabraunerde

Ackerzahl: Ø 60

Gefälle: leicht kuppiert

Wichtige Wurzelunkräuter: Distel, Quecke, Ampfer

Wichtige einjährige Unkräuter: Hederich (problematisch), Acker-Gänsedistel, Vogelwicke, Kamille, Franzosenkraut

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 85 ha Ackerland, 3 ha Grünland

Schlaggröße: Ø 3 ha

Schlagentfernung: 0,3 bis 6 km

Betriebszweige: Ackerbau (Speisegetreide, Kartoffeln), Vermietung

Arbeitskräfte: 2,3 AK

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: Getreide, Raps, Zuckerrüben; Schweinezucht und -mast

Umstellungsjahr: 1983-1986

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (30 cm) mit Packer, Ø 1x pro Jahr; Herbst- / Winterfurche vor Getreide und vor Kartoffeln (ohne Packer); Frühjahrsfurche vor Stilllegung und Erbsen-Ackerbohnen-Gründung; im Sommer nach Erbsen-Ackerbohnen-Gründung

Düngung: z. T. 30 kg N/ha als Haarmehlpellets zu Kartoffeln; 10-20 dt/ha Kalk je Fruchtfolgedurchgang zur Stilllegung oder Gründung;
z. T. Patent-PK; Stroh bleibt auf der Fläche

Saatbettbereitung: Kreiselgrubber (5-8 cm) in Kombination mit Drillmaschinen

Saat: Drillmaschine mit Schleppscharen, 21 cm Reihenweite; Z-Saatgut

Mech. Pflege: Stilllegung: 4-5 x Mulchen; Getreide: Striegel; Gründung: Striegel & Hacke

Ernte & Aufbereitung: Drusch & Roden im Lohn; eigene Lager; Reinigung, Aufbereitung & Abpackung; eigene Auslieferung

Stoppelbearbeitung (wenn keine Untersaat): Schälflug (15 cm)

Fruchtfolge: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolge

Kleegras- ¹ oder Ackerbohnen- / Peluschken-Gründung ZF ²
Wintergetreide US/ZF ³
z. T. Kartoffeln, Wintergetreide oder wieder Gründung

¹ Perserklee, Weißklee, Schwedenklee, Dt. & Welsches Weidelgras

² Zwischenfrucht Ölrettich

³ Roggen: 50 % Zwischenfrucht, Ölrettich o. Sommerwicken & Gras; sonst: Weißkleeuntersaat, bei Nichtgelingen Zwischenfrucht: Sommerwicken & Gras

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten
(variiert zwischen den Jahren!)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Stillegung	10 - 30 % Gras	17
Ackerbohnen / Peluschken		17
Winterweizen	30 - 50	13
Dinkel	30	12
Roggen	30 - 60	24
Kartoffeln ¹	200	17

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Betrieb verzeichnet seit 10 Jahren sinkende Erträge (auf hohem Niveau), der Kleegras bzw. Gründungsanteil wurde in den letzten Jahren auf 40% erhöht aber bisher sind keine deutlichen Effekte zu erkennen.
- Die milden, niederschlagsreichen Winter sind auf den sandigen Böden aufgrund hoher N-Verlusten durch Nitratverlagerung problematisch.
- Es werden Lösungsansätze für starke Probleme mit Samenunkräutern benötigt.
- Zum Teil hoher Krankheitsdruck bei Roggen.
- Eine Optimierung der Phosphor- & Kali-Düngung wahrscheinlich notwendig.
- Verhältnis zwischen Input von Energie (z.B. Maschineneinsatz) und Output (Ertrag) muss optimiert werden.

Untersuchte Schläge

Standortangaben:

Schlag	A	B	C	D
Ackerzahl	63	69	36	53
Bodentyp	Parabraunerde	Parabraunerde	Braunerde	Parabraunerde
Bodenart	mittel toniger Schluff	mittel toniger Schluff	schwach schluffiger Sand	sandiger Schluff
Steine > 2mm [%]	0	0	0	0
nFk ¹ [l/m ²]	275	270	115	240
pH	6,0	5,5	5,4	5,6
P ₂ O ₅ [mg/100g]	7	9	14	9
K ₂ O [mg/100g]	7	13	7	7
Mg [mg/100g]	10	7	4	9
OS ² [mg/100g]	2,6	1,9	2,4	2,4

¹ nutzbare Feldkapazität nach Bodenart und –typ geschätzt: für Pflanzen verfügbare Wassermenge die der Boden maximal speichern kann; ² Organische Substanz

Bewirtschaftungsangaben: aus Angaben der letzten zehn Jahre vor der Untersuchung

Schlag	A	B	C	D
Umstellungsjahr	1983	1983	1983	1983
Gründung ¹ [%]	30	30	30	30
Körnerleguminosen [%]	0	0	0	0
Getreide [%]	60	50	50	50
Hackfrüchte [%]	10	20	20	20
Untersaaten / Zwischenfrüchte [%]	30	20	20	20
Ø Düngung ² [t/ha*a]	0	0	0	0,05 H
N-Bilanz [kg/ha*a]	6	4	12	12
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	60	-80	-80	-65

¹ Klee gras oder Erbsen / Ackerbohnen & Zwischenfrucht

² Mist (M), Gülle (G) oder N-haltige Handelsdünger (H); gesamte Düngemenge geteilt durch die Jahre

Untersuchtes Getreide:

Schlag (Jahr)	A (2005)	B (2005)	C (2006)	D (2006)
Vorfrucht	Lupinen GD ¹ , ZF ²	Klee gras GD	Roggen, US ³	Klee gras GD
Art	Winterweizen	Roggen	Roggen	Roggen
Sorte	Capo	Avanti / Caroass	Carotop	Recrut
Aussaat	01.11.	11.	20.11.	21.11
Ertrag ⁴ [dt/ha]	55	67	40	56

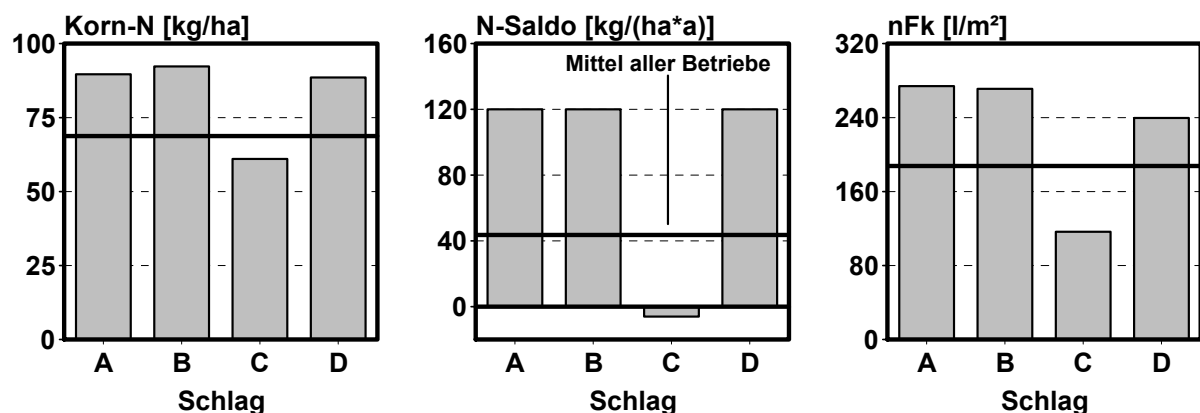
¹ Gründüngung; ² Zwischenfrucht Ölrettich; ³ Untersaat Weißklee

⁴ Erhebung per Hand, im Schnitt 25% über der Ertragsschätzung des Betriebsleiters

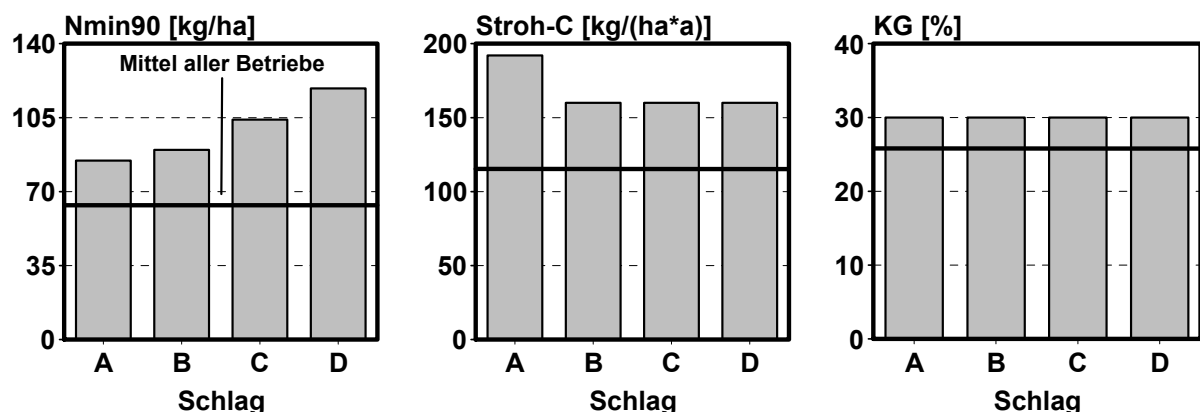
Besonderheiten im Untersuchungsjahr: 2006: kaltes Frühjahr, hungernde Bestände, Sommertrockenheit, z.T. kurze Ähren, kleine Körner, geringe Kornzahl/Ähre

Auswertung

Ertrag & N-Aufnahme: Betrieb B1 erreicht mit 55 dt/ha (Messpunkte; Praxis: 45 dt/ha) ein vergleichsweise hohes Getreide-Ertragsniveau, dies gilt im ähnlichen Maße für die N-Menge im Korn (Korn-N). Schlag C liegt bei beiden Größen deutlich niedriger als die anderen Schläge. Für das hohe Ertragsniveau von B1 können die hohen Nmin-Werte im Frühjahr und bei den Schlägen A, B und D (Ackerzahl 50-70) der hohe Schluffanteil, die hohe nutzbare Feldkapazität (nFk) und die hohe N-Bilanz des Vorjahres (N-Saldo; jeweils Klee gras oder Gründüngung) verantwortlich sein. Wahrscheinlich spielt auch das nahezu optimale Wachstumsklima (feucht-warm) dabei eine Rolle. Ein negativer Einfluss der intensiven Strohdüngung auf den Ertrag ist hier nicht zu erkennen. Der niedrigere Ertrag (bzw. Korn-N) auf Schlag C hängt wahrscheinlich mit dem hohen Sandanteil (Ackerzahl 36) und der niedrigen N-Bilanz des Vorjahres (ungedüngtes Getreide) zusammen.



Nmin im Frühjahr: Das Niveau der Nmin-Menge (Nmin90) ist auf Betrieb B1 relativ hoch (um 100 kg/ha). Als Gründe kommen z.B. der hohe Klee gras- bzw. Gründüngungsanteil in der Fruchtfolge (KG), die hohe Strohdüngung (Stroh-C) der letzten drei Jahre und mit Ausnahme von Schlag C die hohe Wasserhaltefähigkeit in 0-30 cm in Frage, wobei die Funktion der letzten beiden Faktoren noch nicht geklärt ist. Auf Schlag C kann zusätzlich der hohe Sandanteil mit den hohen Nmin-Werten in Verbindung stehen. Wahrscheinlich spielt insgesamt auch das für eine hohe N-Mineralisation im Herbst und Winter günstige Klima eine Rolle.



Vertikale Nmin-Verteilung: Die vertikale Nmin-Verteilung (NminVert: % Nmin in 0-60 cm) liegt im Durchschnitt der anderen Betriebe.

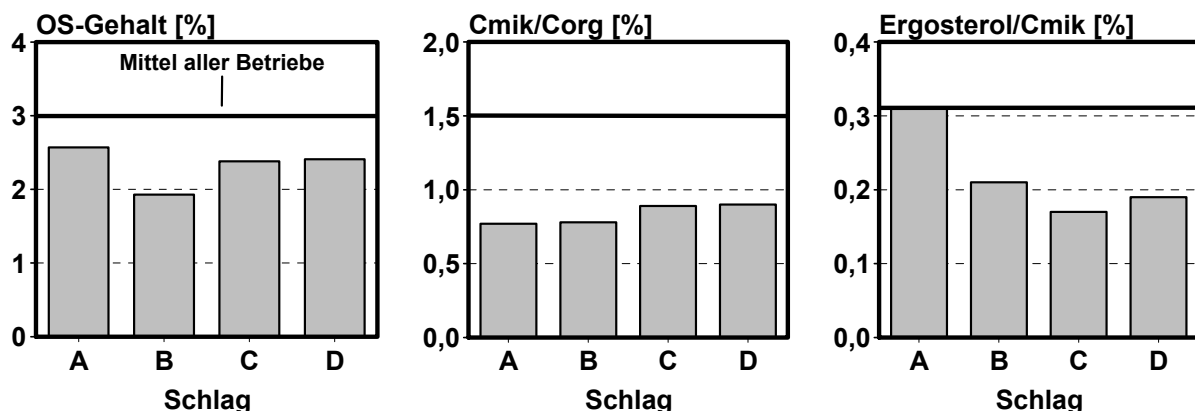
Sommerliche N-Mineralisation: Insgesamt liegt bei diesem Parameter (N_{som}) Betrieb B1 unter dem Durchschnitt der anderen Betriebe (Schlag A und B mittlerer Bereich, C und D niedrig). Gründe dafür können der hohe Strohdüngungsanteil, der fehlende Einsatz von Wirtschaftsdüngern und der relativ geringe C_{mik}/C_{org}-Anteil sein. Die fördernden Bedingungen hoher Schluffanteil, hohe nutzbare Feldkapazität und hohe N-Bilanz des Vorjahres zeigen keinen deutlichen Effekt. Bei Schlag C könnte zusätzlich der hohe Sandanteil und die geringe N-Bilanz des Vorjahres für die niedrigen N_{som}-Werte verantwortlich sein.

Kenngroßen der organischen Substanz:

Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS) liegt auf Betrieb B1 im unteren Bereich. Wahrscheinliche Ursachen dafür sind die hohen Durchschnittstemperaturen und der hohe Schluffanteil im Boden. Es herrschen somit gute Umsatzbedingungen, die zu einem starken Abbau zugeführter organischer Materialien führen. Durch die mit 30 cm große Bearbeitungstiefe wird die OS zusätzlich auf eine große Bodenmenge verteilt. Für die vorliegenden Standorteigenschaften liegt der OS-Gehalt in einem normalen Bereich. Das **C/N-Verhältnis** liegt bei B1 durchschnittlich im mittleren Bereich (um 10), nur auf Schlag C ist es mit 11,2 relativ weit. Mögliche Gründe dafür sind der hohe Sandanteil, die intensive Strohdüngung und der fehlende Einsatz von Wirtschaftsdüngern.

Der Gehalt an **mikrobieller Biomasse** (C_{mik}/C_{org} & N_{mik}/N_t) ist auf den Schlägen von B1 relativ niedrig. Dies kann mit dem Fehlen von Wirtschaftsdüngern und der relativ intensiven Strohdüngung zusammenhängen.

Der **C_{mik}/N_{mik}-Quotient** liegt auf B1 im mittleren bis weiten Bereich (5,4 – 7,0). Ein Grund für ein weites C_{mik}/N_{mik}-Verhältnis kann das Fehlen von Wirtschaftsdüngern sein. Der Gehalt von **Ergosterol** an der mikrobiellen Biomasse (Ergosterol/C_{mik}) liegt im Durchschnitt auf niedrigem Niveau, d.h. der Anteil an pilzlicher Biomasse ist eher gering. Mögliche Ursachen hierfür können u.a. die hohe Feldkapazität und das feucht-warme Klima (hohe Temperatur, hohe Niederschläge) sein.



Zusammenfassung / Fazit

Betrieb: Seit über zwanzig Jahren ökologisch wirtschaftender, viehloser Betrieb mit günstigen Klima- und Bodenbedingungen (schluffige bis sandige Böden, Ackerzahl ca. 40-70) sowie hohem Ertragsniveau. Ein hoher Klee gras- bzw. Gründungsanteil in der Fruchtfolge ist die Basis für die Getreide- und Kartoffelproduktion. Wirtschaftsdünger werden nicht eingesetzt. Problembereiche sind v.a. sinkende Erträge (auf hohem Niveau), Samenunkräuter und Nitratverlagerung auf Schlägen mit leichten Böden.

Untersuchte Schläge: Die Geschichte der vier Schläge zeigt eine ausgeglichene N-Bilanz jedoch eine negative Humusbilanz. Letztere wird durch den in letzter Zeit erhöhten Klee grasanteil in Zukunft wohl mindestens ausgeglichen sein. Die pH-Werte und Grundnährstoffgehalte liegen zum Teil auf niedrigem Niveau, was bei dem hohen Ertragsniveau des Betriebs einschränkend wirken kann. Die Höhe des Getreideertrags wurde v.a. durch die Bodengüte und die Vorfrucht beeinflusst. Die N-Versorgung ist durch hohe N_{min}-Werte im Frühjahr und eine relativ geringe N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer gekennzeichnet. Dies kann zu relativ niedrigen Proteingehalten im Korn führen.

Organische Substanz: Die OS-Eigenschaften des Standorts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- OS-Gehalte liegen bezogen auf die Standorteigenschaften in einem normalen Bereich, die Bewirtschaftung lässt einen Erhalt des Niveaus erwarten.
- Gute Umsatzbedingungen.
- Hohe Umsatzgeschwindigkeit, mäßige Effizienz der Umsetzungsprozesse (viele Bakterien, wenig Pilze).
- Bedingungen für die N-Mineralisation sind z.T. nicht ideal (C/N, C_{mik}/N_{mik}), aber für ein Bremsen der Umsatzprozesse zum Humuserhalt evtl. positiv zu bewerten.
- Umsatz leicht abbaubarer organischer Substanz ist evtl. so schnell, dass im Frühjahr/Sommer wenig für die mikrobielle Biomasse (C_{mik}/C_{org} niedrig) und die N-Mineralisation (N_{som} niedrig) zur Verfügung steht.

Insgesamt muss auf diesem umsatzstarken Standort besonders auf den Erhalt des Humus im Boden geachtet werden. Bei der N-Zufuhr – Einarbeitung von N-reichem Pflanzenmaterial bzw. Düngung – ist es vor allem auf den leichteren Böden wichtig, die hohe Umsetzungsgeschwindigkeit zu beachten, um hohe N-Verluste durch Verlagerung zu vermeiden und eine bedarfsgerechte Mineralisation zu ermöglichen.

Betriebsbeispiel 2 (B2)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Niedersachsen)

Höhe: ca. 45 – 55 m ü. NN

Niederschlag: Ø 720 mm/a

Temperatur: Ø 9,7°C (Ø 31 Frosttage / Jahr)

Bodenart: schwach lehmiger bis lehmiger Sand

Bodentypen: Braunerde, Podsol, Pseudogley

Ackerzahl: 20 – 40

Gefälle: eben

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke

Wichtige einjährige Unkräuter: Flohknöterich, weißer Gänsefuß, Kamille, Ölräuke, Ackerholzzahn (problematisch nur wenn das Getreide geschädigt ist)

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 60 ha Ackerland

Schlaggröße: Ø 5,4 ha

Schlagentfernung: max. 1 km

Betriebszweige: Ackerbau

Arbeitskräfte: 1,2 AK

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: Ackerbau (v. a. Weizen, Gerste, Raps, etwas Kartoffeln)

Umstellungsjahr: 1989 (seit 1992 Getreidebau mit weitem Reihenabstand)

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (27 cm, 1995 – 2000 20 cm); Januar bis März, 2003 – 2004 auch nach der Ernte vor der Zwischenfruchtsaat; ab 2005 pfluglos (4 x Fräse, 1-2 x Grubber pro Jahr; max. 15-17 cm)

Düngung: Grüngutkompost ab 2006 (20-50 m³/ha); Stroh bleibt auf der Fläche

Saatbettbereitung: Zwillingsreifen & Egge, doppelt versetzt

Saat: Schleppschar in 27 oder 54 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Hacke, z.T. Reihenfräse

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Lager & Reinigung

Stoppelpflege: Fräse, Grubber (15-17 cm)

Fruchtfolge: keine feste Fruchtfolge

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten (bis 2005, variiert zwischen den Jahren!)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Stilllegung ¹		5
Körnerleguminosen	5 - 30	5
W. & S. Weizen, Dinkel ²	10 - 50	90

¹ Klee- oder Luzernegrass

² Reihenabstand 27 oder 54 cm mit kleereicher Untersaat

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Starke sich ausbreitende nesterweise auftretende Schäden v.a. in Getreide Körnerleguminosen (siehe Kap. "Mehrjährige Schadnester in Getreide").

Untersuchte Schläge

Standortangaben:

Schlag	A	B
Ackerzahl	38	40
Bodentyp	Pseudogley	Braunerde
Bodenart	stark schluffiger Sand	mittel schluffiger Sand
Steine > 2mm [%]	1	1
nFk ¹ [l/m²]	149	151
pH	5,7	5,5
P ₂ O ₅ [mg/100g]	9	9
K ₂ O [mg/100g]	10	14
Mg [mg/100g]	4	4
OS ² [mg/100g]	1,7	2,6

¹ nutzbare Feldkapazität nach Bodenart und –typ geschätzt: für Pflanzen verfügbare Wassermenge die der Boden maximal speichern kann; ² Organische Substanz

Bewirtschaftungsangaben (aus Angaben der letzten zehn Jahre vor der Untersuchung):

Schlag	A	B
Umstellungsjahr	1989	1989
Gründüngung ¹ [%]	10	10
Körnerleguminosen [%]	-	-
Getreide [%]	90	90
Hackfrüchte [%]	-	-
Untersaaten [%]	90	90
Ø Düngung ² [t/ha*a]	-	-
N-Bilanz [kg/ha*a]	30	30
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	200	200

¹ Klee- oder Luzernegrass;

² keine organische Düngung

Untersuchtes Getreide:

Schlag (Jahr)	A (2005)	B (2005)	A (2006)	B (2006)
Vorfrucht	S.Weizen ¹ , US ²	Dinkel, US	Dinkel, US, ZF ³	Dinkel, US, ZF
Art	Dinkel	Dinkel	Dinkel	Dinkel
Sorte	Schwabenspelz	Schwabenspelz	Schwabenspelz	Schwabenspelz
Aussaat	10.01.	10.01.	15.01.	15.01
Ertrag ⁴ [dt/ha]	26	32	26	38

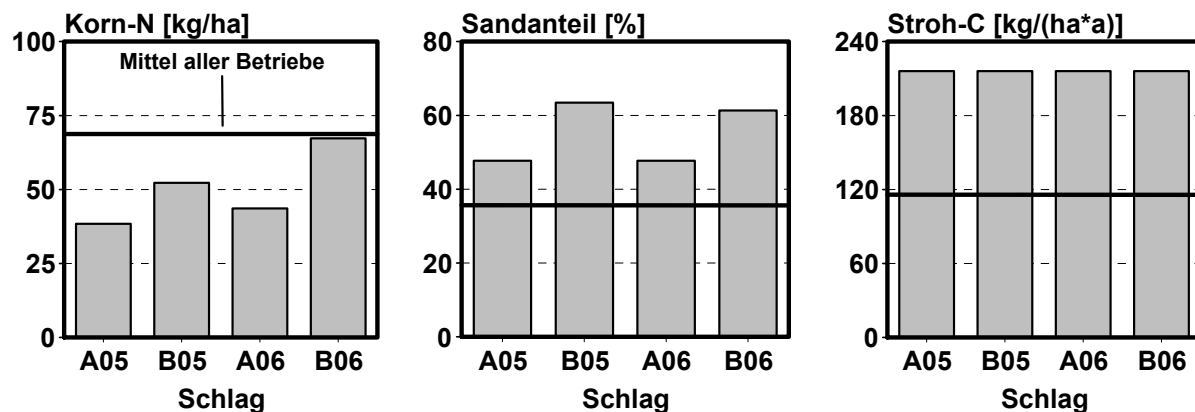
¹ 54 cm Reihenabstand² Untersaat Inkarnatklée³ Rübsen⁴ Erhebung per Hand, im Schnitt 25% über der Ertragsschätzung des Betriebsleiters

Besonderheiten im Untersuchungsjahr: Schlag B 2005 & 2006: Getreide geschädigt (Nematoden) und starker Unkrautbesatz (Ackerholzahn & Kamille)

Auswertung

Ertrag & N-Aufnahme: Betrieb B2 erreicht mit 30 dt/ha (Messpunkte; Praxis: 23 dt/ha) nur ein vergleichsweise niedriges Getreide-Ertragsniveau, dies gilt im ähnlichen Maße auch für die N-Menge im Korn (Korn-N). Schlag B06 kommt dabei dem Mittelwert aller Betriebe am nächsten. Mit dem niedrigen Ertrags- bzw. Korn-N-Niveau können das relativ geringe Ertragspotential vom verwendeten Dinkel, der hohe Sandanteil und damit verbunden die niedrige nutzbare Feldkapazität, die intensive Strohdüngung (Stroh-C) sowie die relativ niedrige N-Bilanz des Vorjahres (23 kg/ha) zusammenhängen. Zwar liegt die Nmin-Menge im Frühjahr im Durchschnitt auf einem hohen Niveau (78 kg/ha), sie wird jedoch offensichtlich nicht komplett in Ertrag umgesetzt. Dies kann mit der sehr geringen sommerlichen Mineralisation bzw. einer N-Festlegung (siehe unten) und auch mit einer möglichen Schädigung der Getreidepflanzen zusammenhängen (siehe Kap. Mehrjährige Schadnester in Getreidebeständen).

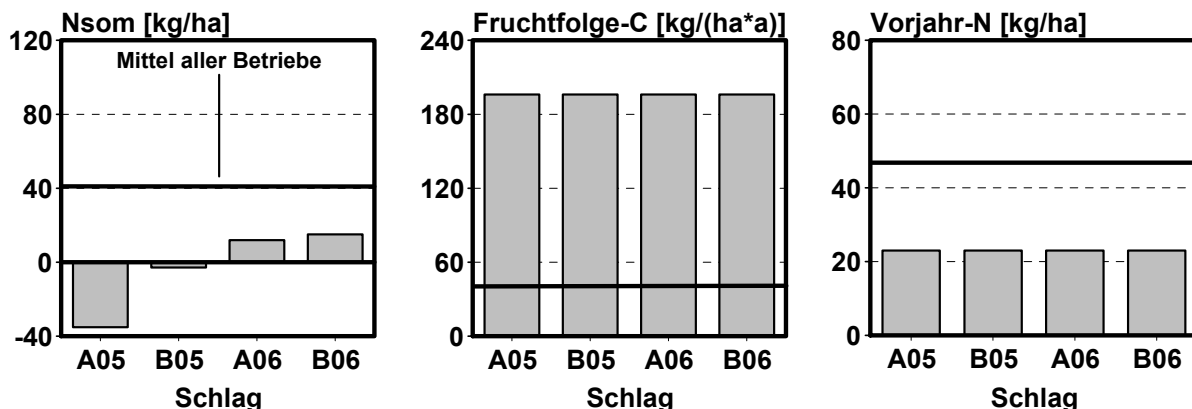
Die N-Gehalte im Korn liegen etwas über dem Durchschnitt. Das liegt zum Einen daran, dass Dinkel artspezifisch relativ hohe N-Gehalte aufweist, kann aber auch auf Wachstumsstörungen hinweisen (N ist vorhanden, kann aber nicht in Ertrag umgesetzt werden).



Nmin im Frühjahr: Das Niveau der Nmin-Menge (Nmin90) ist auf Betrieb B2 relativ hoch (um 80 kg/ha). Als Gründe kommen z.B. die langfristig hohe N-Bilanz (+30 kg/ha und Jahr), der hohe Sandanteil, der späte Umbruch der Untersaat (Januar) verbunden mit der direkten Getreideansaat sowie die hohe Strohdüngung (Stroh-C) in Frage, wobei die Funktion des letzten Faktors noch unklar ist. Wahrscheinlich spielt insgesamt auch das für eine hohe N-Mineralisation im Winter günstige Klima eine Rolle.

Vertikale Nmin-Verteilung: Bei der vertikalen Nmin-Verteilung (NminVert) liegt der Anteil an Nmin in 0-60 cm relativ hoch ($\approx 85\%$). Dabei sind Zusammenhänge mit dem späten Umbruch vor der Saat, dem hohen Sandanteil und der intensiven Strohdüngung möglich.

Sommerliche N-Mineralisation: Insgesamt weist B2 bei diesem Parameter (Nsom) mit die niedrigsten Werte auf, eine N-Festlegung im Boden ist z.T. nicht auszuschließen. Die Ursachen können mit dem hohen Strohdüngungsanteil, dem fehlenden Einsatz von Wirtschaftsdüngern, den hohen Humusbilanz-Salden der Fruchtfolge, dem z.T. weiten C/N-Verhältnis der OS im Boden sowie dem relativ geringen Cmik/Corg-Anteil zusammenhängen. Da Nsom auf der Basis der Korn-N-Menge berechnet wurde, kann aber auch eine Schädigung des Getreides für die niedrigen Werte mit verantwortlich sein. Ein Einfluss dieser Möglichkeit wird besonders durch die Beobachtung starken Unkrautwachstums (gute N-Versorgung) auf Schlag B bestätigt.



Kenngroßen der organischen Substanz:

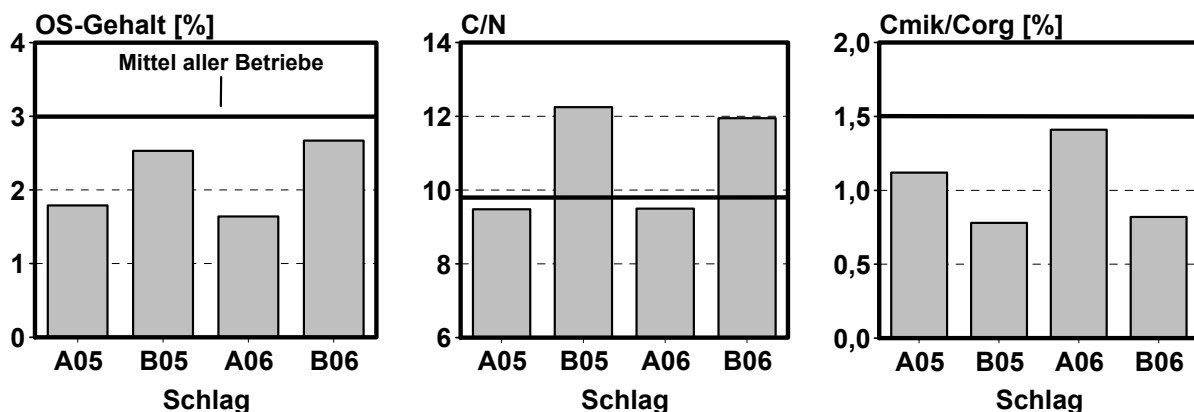
Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS) liegt auf Betrieb B2 im unteren Bereich. Wahrscheinliche Ursache dafür sind v.a. die hohen Durchschnittstemperaturen am Standort. Es herrschen somit gute klimatische Umsatzbedingungen, die zu einem starken Abbau zugeführter organischer Materialien führen. Die hohen Humusbilanz-Salden (ca. 200 kg C/ha und Jahr) weisen jedoch auf ein langfristiges Ansteigen der OS-Gehalte hin. Durch die mit 27 cm große Bearbeitungstiefe wird die OS auf eine große Bodenmenge verteilt. Für die vorliegenden Standorteigenschaften liegt der OS-Gehalt in einem normalen Bereich.

Das **C/N-Verhältnis** liegt auf Schlag A im mittleren Bereich, während Schlag B mit ca. 12 ein sehr weites C/N-Verhältnis aufweist. Neben den möglichen Gründen hoher Sandanteil, intensive Strohdüngung und fehlender Einsatz von Wirtschaftsdüngern ist wahr-

scheinlich die langfristige Schlaggeschichte von Bedeutung. Schlag B wurde in der länger zurückliegenden Vergangenheit zum Teil als Dauergrünland bewirtschaftet.

Der Gehalt an **mikrobieller Biomasse** (Cmik/Corg & Nmik/Nt) ist auf den Schlägen von B2 relativ niedrig. Dies kann mit den geringen Schluff- und Tonanteilen, dem Fehlen von Wirtschaftsdüngern und der relativ intensiven Strohdüngung zusammenhängen.

Der **Cmik/Nmik-Quotient** liegt auf B2 im mittleren bis weiten Bereich (5,6 – 7,8). Ein Grund für ein weites Cmik/Nmik-Verhältnis kann das Fehlen von Wirtschaftsdüngern sein. Der Gehalt an **Ergosterol** in der mikrobiellen Biomasse (Ergosterol/Cmik) liegt im Mittel von B2 mit 0,34 etwas über dem Durchschnitt aller Betriebe, d.h. der Anteil an pilzlicher Biomasse ist mittel bis hoch einzuschätzen. Mögliche Ursachen hierfür können u.a. der hohe Sandanteil und damit verbunden die niedrige nutzbare Feldkapazität sowie die intensive Strohdüngung sein.



Zusammenfassung / Fazit

Betrieb: Seit siebzehn Jahren ökologisch wirtschaftender, viehloser Betrieb mit günstigen Klima- und eher ungünstigen Bodenbedingungen (sandige Böden, Ackerzahl um 40) sowie niedrigem Ertragsniveau. Der intensive Anbau von Leguminosenuntersaaten im Getreide mit weitem Reihenabstand ist in Verbindung mit eher sporadisch angebaute Kleegrassstilllegung die Basis für die Getreide- und Körnerleguminosenproduktion. Wirtschaftsdünger werden nicht eingesetzt. Problembereiche sind v.a. nesterweise sich ausdehnende Schädigungen der Körnerfrüchte und die dadurch verursachten deutlichen Ertragseinbußen (siehe Kap. Mehrjährige Schadnester in Getreidebeständen).

Untersuchte Schläge: Die Geschichte der zwei Schläge zeigt sowohl bei der N-Bilanz als auch der Humusbilanz deutlich positive Werte. Die Grundnährstoffgehalte liegen zum Teil auf niedrigem Niveau, das kann in einzelnen Bereichen von Schlägen einschränkend auf den Ertrag wirken. Die Höhe des Getreideertrags wird z.T. durch die Bodengüte und wahrscheinlich durch Schädigungen der Getreidepflanzen beeinflusst. Die N-Versorgung ist durch hohe Nmin-Werte im Frühjahr und eine sehr geringe N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer / bzw. eine schlechte N-Ausnutzung durch das Getreide gekennzeichnet.

Organische Substanz: Die OS-Eigenschaften des Standorts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Klimatische Umsatzbedingungen sind gut.
- OS-Gehalte liegen bezogen auf die Standorteigenschaften in einem normalen Bereich, die Bewirtschaftung lässt einen langfristigen Anstieg erwarten.
- Geschwindigkeit und Effizienz der Umsetzungsprozesse liegen im mittleren Bereich (durchschnittliches Pilz/Bakterien-Verhältnis).
- Bedingungen für die N-Mineralisation sind z.T. nicht ideal (C/N, C_{mik}/N_{mik}), möglicher Grund für die niedrige N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer.
- Biologische Aktivität des Bodens ist eher gering.

Insgesamt scheint das niedrige Ertragsniveau eher mit Schädigungen der Getreidepflanzen zusammenzuhängen. Trotzdem sollten die reduzierenden Auswirkungen der intensiven Strohdüngung auf die mikrobielle Aktivität und die N-Mineralisation berücksichtigt werden.

Betriebsbeispiel 3 (B3)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Niedersachsen)

Höhe: 70 – 200 m ü. NN

Niederschlag: Ø 730 mm/a

Temperatur: Ø 9,8°C (Ø 29 Frosttage / Jahr)

Bodenart: schluffiger Lehm

Bodentypen: Parabraunerden (Lößauflage), Auenböden

Ackerzahl: 35 – 83, Ø 70 – 75

Gefälle: eben bis geneigt, 25% stärker geneigt

Wichtige Wurzelunkräuter: Milchdistel, Distel, Ampfer (wird gestochen, kein Problem)

Wichtige einjährige Unkräuter: Hirtentäschel, Weißer Gänsefuß, Nachtschatten, Vogelwicke (nimmt zu)

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 80 ha Ackerland, 40 ha Grünland

Schlaggröße: 0,6 – 13 ha, Ø 4 ha

Schlagentfernung: 0 – 16 km

Betriebszweige: Ackerbau; Milchkühe & Nachzucht, 0,75 GV/ha (60 Kühe, 30 Jungtiere)

Arbeitskräfte: 2 AK (plus Aushilfskräfte für Möhrenjäten)

Besonderheiten: 35 ha Acker in Wasserschutzgebieten (ab 2007)

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: Gemischtbetrieb (weniger Fläche)

Umstellungsjahr: 1988; 1992 Zupacht und Umstellung neuer Flächen

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (20 cm + 10 – 12 cm Untergrundhaken), Ø 8x in 10 Jahren

Düngung: Gülle von 60 Milchkühen (01.05. – 01.11. halbtags auf der Weide), Mist aus Tieflaufstall von 30 Junggrindern (15.11. – 01.05. im Stall) und Haarmehlpellets zu Kartoffeln; 1/3 vom Stroh bleibt auf der Fläche;

Verteilung: 10 – 20 m³ Gülle zur Zwischenfrucht im Herbst vor Kartoffeln (nahe Schläge: + 15 bis 20 t Mist), 25 m³ Gülle zu Mais (Mitte April, ½ vor Pflügen, ½ vor Saat), 10 – 20 m³ Gülle zu Getreide (Schossen)

Saatbettbereitung: 1-2 x Zinkenrotor (Vierkantzinken)

Saat: Schleppschar, 20 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Getreide: Striegel, z. T. Hacke; Kartoffeln und Möhren: 2 x Dammfräse; Möhren: Abflammen & Jäten; Mais: Hacke, Rollhacke, z. T. Abflammen

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Lager, Reinigung für Nachbausaatgut

Stoppelbearbeitung: nach Getreide 1x Schälgrubber und 1x Spatenrollegge

Fruchtfolge: keine feste Fruchtfolge

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Kleegras Futter ¹		10
Dinkel ³	25 - 30	9
W.Roggen ³	35	7
W.Weizen ³	35	11
Triticale ³	45 - 50	10
Mais ⁴	45 - 105 (Körner)	19
Kartoffeln ²	180 - 200	15
Möhren	400 - 900	10
Ackerbohnen ²	25 - 45	9
Gemüseerbsen (bis 2004)		
Buschbohne (bis 2004)		

¹ 3 Futterschnitte, 1 Mulchschnitt

² z. T. Senf-Zwischenfrucht

³ Getreide mit Rotkleeuntersaat oder mit Zwischenfrucht

⁴ 450 m³ Silage, Rest der Anbaufläche Körnermais

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Langfristig sinkende Erträge (auf hohem Niveau).
- Verschlechterung der Bodenstruktur, d.h. Struktur weniger stabil, neigt mehr zu Verschlammung und Verkrustung
- Langfristig sinkende N-Nachlieferung des Bodens.

Untersuchte Schläge

Standortangaben:

Schlag	A	B	C
Ackerzahl	73	60	56
Bodentyp	Pseudogley – Parabraunerde	Pseudogley – Parabraunerde	Pseudogley – Parabraunerde
Bodenart	mittel toniger Schluff	stark toniger Schluff	schwach toniger Lehm
Steine > 2mm [%]	0	0	0
nFk ¹ [l/m ²]	270	230	150
pH	6,0	5,5	6,6
P ₂ O ₅ [mg/100g]	14	9	12
K ₂ O [mg/100g]	12	7	12
Mg [mg/100g]	5	5	8
OS ² [mg/100g]	1,6	2,0	2,3

¹ nutzbare Feldkapazität nach Bodenart und –typ geschätzt: für Pflanzen verfügbare Wassermenge die der Boden maximal speichern kann; ² Organische Substanz

Bewirtschaftungsangaben: Zeitraum von der Umstellung bis zur Untersuchung (9-15 Jahre)

Schlag	A	B	C
Umstellungsjahr	1992	1995	1991
Kleegras ¹ [%]	8	30	27
Körnerleguminosen [%]	19	13	22
Getreide [%]	30	27	44
Hackfrüchte [%]	43	30	7
Untersaaten / Zwischenfrüchte [%]	35	9	20
Ø Düngung ² [t/ha*a]	14 G, 2 M, 0,1 H	4 G	5 G, 2,5 M
N-Bilanz [kg/ha*a]	-13	8	13
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	-320	-160	75

¹ A: Futter; B: 2/3 Futter, 1/3 Gründüngung; C: 1/2 Futter, 1/2 Gründüngung

² Mist (M), Gülle (G) oder N-haltige Handelsdünger (H); gesamte Düngemenge geteilt durch die Jahre

Untersuchtes Getreide:

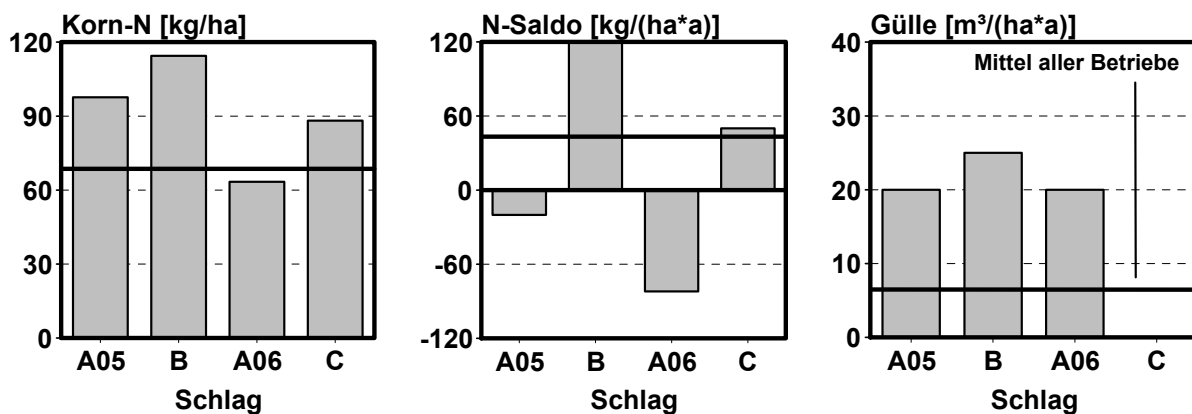
Schlag (Jahr)	A (2005)	B (2005)	A (2006)	C (2006)
Vorfrucht	Hafer GPS ¹ , Buschbohnen 20 m ³ Gülle	Perserkleegrass Gründüngung	Triticale	Kleegrass Futter
Art	Triticale	W.Weizen	W.Roggen	W.Weizen
Sorte	Modus	Achat	Carotop	Achat
Aussaat	19.10.	02.11.	05.10.	02.11
Ertrag ² [dt/ha]	66	82	47	54

¹ Ganzpflanzensielage;

² Erhebung per Hand, im Schnitt ca. 25% über der Ertragsschätzung des Betriebsleiters

Auswertung

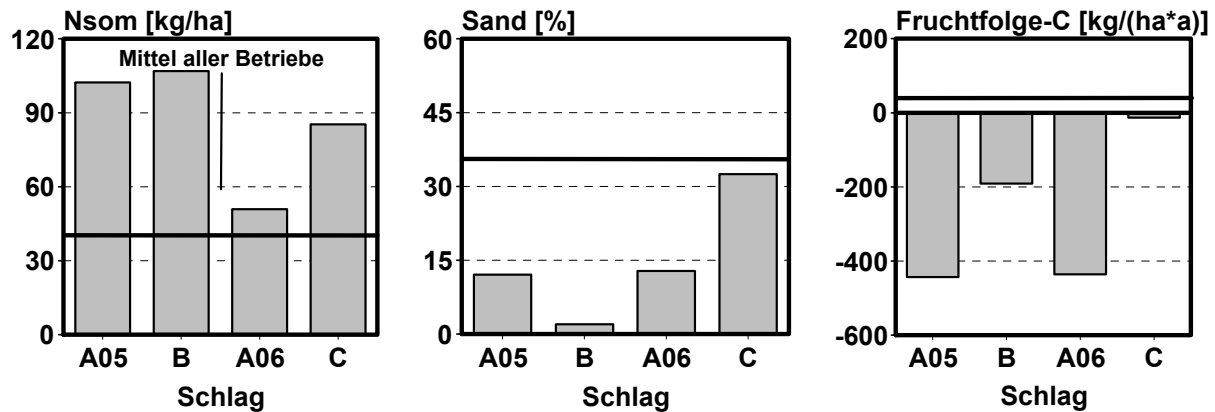
Ertrag / N-Aufnahme: Betrieb B3 erreicht mit 62 dt/ha (Messpunkte; Praxis: 50 dt/ha) ein hohes Getreide-Ertragsniveau, dies gilt auch für die N-Menge im Korn (Korn-N). Für das hohe Ertrags- bzw. Korn-N-Niveau können der hohe Schluffanteil und die damit verbundene hohe nutzbare Feldkapazität (Ackerzahl 55-75), die hohe durchschnittliche Gülledüngung der letzten drei Jahre sowie die geringe Strohdüngung verantwortlich sein. Der relativ niedrige Ertrag von Schlag A06 hängt wohl v.a. mit dem geringen N-Bilanz-Saldo des Vorjahres (ungedüngtes Getreide A05) zusammen. Schlag C erreicht nach Futterklee-gras ohne Gülledüngung deutlich mehr.



Nmin im Frühjahr: Das Niveau der Nmin-Menge (Nmin90) ist auf Betrieb B3 relativ niedrig (44-64 kg/ha). Als Gründe kommen z.B. der niedrige Sandanteil, der relativ niedrige Klee-grasanteil in der Fruchtfolge ($\varnothing$ 18%) sowie die geringe Strohdüngung in den letzten drei Jahren (ca. 30% vom Durchschnitt aller Betriebe) in Frage, wobei die Funktion des letzten Faktors noch unklar ist. Schlag B wies nach einer Perserklee-gras-Gründüngung und Umbruch Ende Oktober mit 65 kg/ha den höchsten Nmin-Wert auf.

Vertikale Nmin-Verteilung: Der Anteil von Nmin in 0-60 cm liegt leicht unter dem Durchschnitt der Betriebe. Möglicherweise führen die relativ schweren Bodenverhältnisse zu einer verzögerten N-Mineralisation im Frühjahr.

Sommerliche N-Mineralisation: Insgesamt liegt bei diesem Parameter (Nsom) Betrieb B3 deutlich über dem Durchschnitt der Betriebe. Gründe dafür können der geringe Sand- und damit hohe Schluff- bzw. Tonanteil, der geringe Humusbilanz-Saldo der Fruchtfolge (Fruchtfolge-C; ohne Düngung), die geringe Strohdüngung und der intensive Einsatz von Wirtschaftsdüngern sein. Die Nsom-Unterschiede zwischen den Schlägen können u.a. durch die verschiedene Vorfruchtgeschichte (N-Saldo, Gülledüngung) erklärt werden.



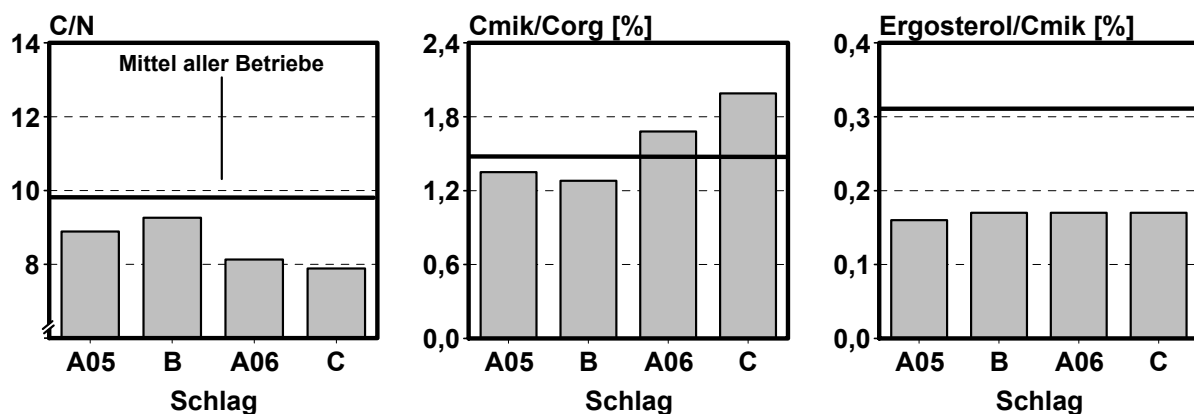
Kenngrößen der organischen Substanz:

Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS) liegt auf Betrieb B3 auf niedrigem Niveau. Wahrscheinliche Ursachen dafür sind die hohen Durchschnittstemperaturen, der hohe Schluffanteil im Boden sowie das Anbausystem mit einem geringen Klee grasanteil und deutlich negativen Humusbilanzsalden. Es herrschen gut Umsatzbedingungen, die zu einem starken Abbau zugeführter organischer Materialien führen. Durch die mit 27 cm relativ große Bearbeitungstiefe wird die OS zusätzlich auf eine große Bodenmenge verteilt. Für die vorliegenden Standorteigenschaften liegt der OS-Gehalt in einem niedrigen Bereich.

Das **C/N-Verhältnis** liegt bei B3 z.T. deutlich unter dem Durchschnitt. Dies ist wahrscheinlich v.a. mit dem hohen Schluff- bzw. Tonanteil, der geringen Strohdüngung und dem intensiven Einsatz von Wirtschaftsdüngern begründet.

Der Gehalt an **mikrobieller Biomasse** (Cmik/Corg & Nmik/Nt) ist im Mittel der Schläge von B3 nur durchschnittlich. Die organische Düngung besteht bei B3 v.a. aus dem Einsatz von Gülle. Mist wurde in den letzten drei Jahren auf keinem der Schläge ausgebracht. Dies könnte ein Grund für die trotz intensiver Düngung nur durchschnittlichen Cmik/Corg-Werte sein.

Der **Cmik/Nmik-Quotient** liegt auf B3 im mittleren bis weiten Bereich (5,6-7,4). Der Gehalt von **Ergosterol** in der mikrobiellen Biomasse (Ergosterol/Cmik) liegt durchweg auf sehr niedrigem Niveau, d.h. der Anteil an pilzlicher Biomasse ist gering. Mögliche Ursachen hierfür sind neben den Standortbedingungen hohe nutzbare Feldkapazität und feucht-warmes Klima (hohe Temperatur, hohe Niederschläge) wahrscheinlich der intensive langjährige Einsatz von Wirtschaftsdüngern und die geringe Strohdüngung.



Zusammenfassung / Fazit

Betrieb: Seit achtzehn Jahren ökologisch wirtschaftender Betrieb mit Milchviehhaltung (0,75 GV/ha) und günstigen Klima- und Bodenbedingungen (schluffige bis lehmige Böden, Ackerzahl 55-75) sowie hohem Ertragsniveau. Der intensive Einsatz von Wirtschaftsdüngern und kleinen Mengen organischer Handelsdünger bei eher geringem Klee-gras- bzw. Gründüngungsanteil in der Fruchtfolge sind die Basis für die intensive Hackfrucht- und Getreideproduktion. Problembereiche sind v.a. sinkende Erträge (auf hohem Niveau), nachlassende N-Nachlieferung des Bodens und sinkende Stabilität der Bodenstruktur (Verschlämmung etc.).

Untersuchte Schläge: Die Geschichte der drei Schläge ergibt eine ausgeglichene bis leicht negative N-Bilanz und auf zwei der drei Schläge eine stark negative Humusbilanz. Die abnehmende Stabilität der Bodenstruktur und auch die sinkende N-Nachlieferung kann somit mit einem möglichen Humusabbau begründet werden. Der hohe Anteil an Hackfrüchten auf Dämmen (25% Kartoffeln & Möhren) kann durch die intensive Bearbeitung mit der Dammfräse und die bessere Erwärmung des Bodens zu einer weiteren Intensivierung des Humusabbaus führen. Die pH-Werte und Grundnährstoffgehalte liegen meist auf ausreichendem bis gutem Niveau. Die Höhe des Getreideertrags wird v.a. durch die Bodengüte und die intensive Düngung beeinflusst. Die N-Versorgung ist durch relativ niedrige N_{min}-Werte im Frühjahr und eine hohe N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer gekennzeichnet.

Organische Substanz: Die OS-Eigenschaften des Standorts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Gute Umsatzbedingungen.
- OS-Gehalte liegen bezogen auf die Standorteigenschaften z.T. auf niedrigem Niveau, die Bewirtschaftung lässt ein weiteres Absinken erwarten.
- Hohe Umsatzgeschwindigkeit, mäßige Effizienz der Umsetzungsprozesse (viele Bakterien, wenig Pilze).
- Bedingungen für die N-Mineralisation sind gut (enges C/N-Verhältnis), dies kann zum Humusabbau beitragen; Hinweise auf eine geringe N-Nachlieferung sind nicht zu erkennen.
- Die biologische Aktivität der OS ist mittel bis hoch, das zeigt sich auch in der hohen N-Mineralisation im Frühjahr/Sommer.

Insgesamt muss auf diesem sehr umsatzstarken Standort besonders auf den Erhalt des Humus im Boden geachtet werden. Eine höhere Zufuhr von C-reichem, humusaufbauendem organischen Material wie z.B. Mist oder Grüngutkompost kann bei der hohen Intensität des Marktfruchtbaus zur Stabilisierung des Humusgehaltes beitragen. Auch ein höherer Anteil mindestens überjährigen Klee-grases würde zur Sicherung der Bodenfruchtbarkeit beitragen.

Betriebsbeispiel 4 (B4)

Betriebsbeschreibung

➤ Standort (Hessen)

Höhe: 160 – 250 m ü. NN

Niederschlag: Ø 650 mm/a

Temperatur: Ø 8,5°C (Ø 40 Frosttage)

Bodenart: schluffiger Lehm, schluffiger Schluff, toniger Lehm

Bodentypen: Parabraunerde (Rötmergel meist mit Lößlehmabdeckung und Auenbereiche)

Ackerzahl: 55 – 82, Ø 60

Gefälle: 75% eben bis leicht geneigt, 25% leicht hängig bis hängig

Wichtige Wurzelunkräuter: Distel

Wichtige einjährige Unkräuter: Weißer Gänsefuß, Kamille

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 212 ha Ackerland, 39 ha Grünland

Schlaggröße: Ø 10 ha

Schlagentfernung: voll arrondiert

Betriebszweige: Ackerbau (u. a. Getreide-Saatgutproduktion), seit 2003 Milchvieh (80 Kühe & Nachzucht) & Gänse (350), insgesamt 0,6 GV/ha

Arbeitskräfte: 5,5 AK (gesamte Landwirtschaft), Marktfruchtackerbau 2 AK

Besonderheiten: überwiegend Trinkwasserschutzgebiet

➤ Betriebsgeschichte

Vor Umstellung: 26 Jahre viehloser Ackerbau (Zuckerrüben, Getreidevermehrung)

Umstellungsjahr: 1998

➤ Ackerbau

Grundbodenbearbeitung: Pflug mit Packer (24 cm), 5x in 6 Jahren; seit 2003 z. T. Ecomat (10-15 cm)

Düngung: seit 2003 Mist und Gülle von 0,6 GV/ha, Stroh wird seitdem komplett geerntet

Saatbettbereitung: Feingrubber, Kreiselegge

Saat: Scheibenschar & Schleppschar, 12,5 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Cambridge Walze, Striegel, Dammfräse (Möhren, Kartoffeln)

Ernte & Aufbereitung: Ernte im Lohn, eigenes Getreidelager & Reinigung

Stoppelbearbeitung: Grubber

Fruchtfolge: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolge

Kleegras-Futter
Kleegras-Futter
Winterweizen, Hackfrucht z. T. ZF ¹
Hackfrucht, Winterweizen z. T. ZF ¹
Körnerleguminosen z. T. ZF ¹
Sommer oder Wintergetreide, Kleegrasansaat

¹ zu 30 ha Zwischenfrüchten verpflichtet

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten
(variiert zwischen den Jahren!)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Kleegras F	85	30
W.Weizen	50	40
S.Weizen	48	
Braugerste	40	
Triticale	45	
Silomais	sehr gut	3
Ackerbohnen	40	14
Kartoffeln	250	10
Möhren	700	3

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Langfristig sinkende Erträge (auf hohem Niveau).
- Verschlechterung der Bodenstruktur, d.h. Struktur weniger stabil, neigt mehr zu Verschlammung und Verkrustung
- Langfristig sinkende N-Nachlieferung des Bodens.

Untersuchte Schläge:**Standortangaben:**

Schlag	A	B	C	D
Ackerzahl	70	70	50	80
Bodentyp	Parabraunerde (Löß, Aue)	Parabraunerde (Löß)	Parabraunerde (Löß)	Braunerde (Löß)
Bodenart	stark toniger Schluff	stark toniger Schluff	stark toniger Schluff	mittel toniger Schluff
Steine > 2mm [%]	0	1	0	0
nFk ¹ [l/m ²]	225	230	230	270
pH	6,5	6,6	6,9	6,6
P ₂ O ₅ [mg/100g]	6	13	13	13
K ₂ O [mg/100g]	9	21	27	11
Mg [mg/100g]	10	11	11	7
OS ² [mg/100g]	1,8	2,5	2,0	1,8

¹ nutzbare Feldkapazität nach Bodenart und -typ geschätzt: für Pflanzen verfügbare Wassermenge die der Boden maximal speichern kann; ² Organische Substanz

Bewirtschaftungsangaben (aus Angaben der letzten 7 - 8 Jahre vor der Untersuchung):

Schlag	A	B	C	D
Umstellungsjahr	1998	1998	1998	1998
Kleegras [%]	29 ¹	14 ²	14 ²	25 ¹
Körnerleguminosen [%]	14	14	7	12
Getreide [%]	57	72	79	38
Hackfrüchte [%]	0	0	0	25
Zwischenfrüchte [%]	0	14	0	22
Ø Düngung ³ [t/ha*a]	0	7 M, 6 G	10 M, 1,5 G	0
N-Bilanz [kg/ha*a]	-20	19	17	-38
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	135	246	295	-277

¹ Futter; ² Grünbrache

³ Mist (M), Gülle (G) oder N-haltige Handelsdünger (H); gesamte Düngemenge geteilt durch die Jahre

Untersuchtes Getreide:

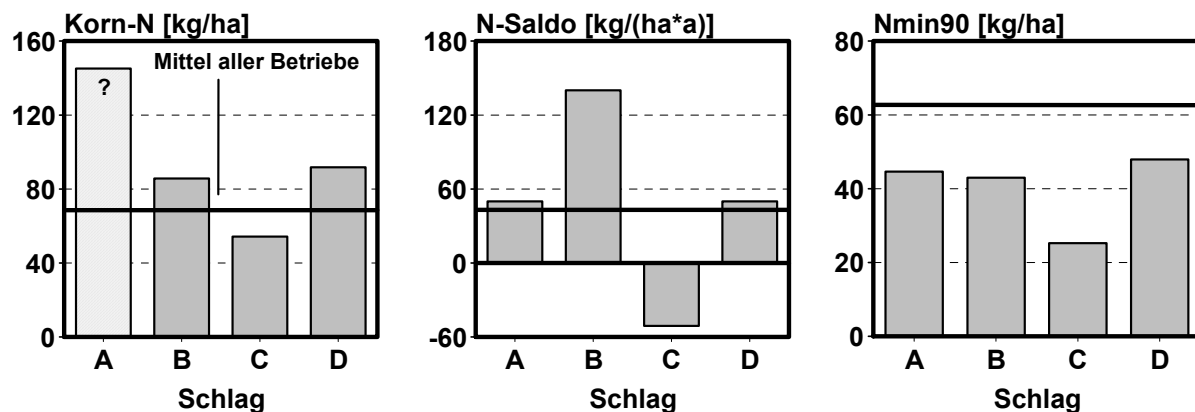
Schlag (Jahr)	A (2005)	B (2005)	C (2006)	D (2006)
Vorfrucht	Kleegras Futter	Sommergerste ¹	Winterweizen ²	Kleegras Futter
Art	Winterweizen	Triticale	Triticale	Winterweizen
Sorte	Achat	Lamberto	Lamberto	Bussard
Aussaat	27.10.	05.10.	28.09.	07.10
Ertrag ³ [dt/ha]	94	60	46	58

¹ Düngung: 44 m³/ha Gülle & 10 t/ha Mist; ² Düngung: 10 m³/ha Gülle

³ Erhebung per Hand, bei A 80% (bester Bereich vom Schlag), bei B 40% über der Ertragsschätzung des Betriebsleiters, C & D stimmen mit Schätzung überein

Auswertung

Ertrag & N-Aufnahme: Betrieb B4 erreicht mit 55 dt/ha (Messpunkte der Schläge B, C & D; Praxis: 50 dt/ha) ein hohes Getreide-Ertragsniveau, dies gilt auch für die N-Menge im Korn (Korn-N). Der Ertrag an den Messpunkten von Schlag A weicht mit 93 dt/ha stark vom Schlagmittel (52 dt/ha) ab. Da keine plausiblen Erklärungen dieses extremen Ertragswertes vorliegen, wird der Schlag beim Ertrag, Korn-N und bei Nsom (aus Korn-N berechnet) nicht mit diskutiert. Für das insgesamt hohe Ertragsniveau können der hohe Schluffanteil und die damit verbundene hohe nutzbare Feldkapazität (Ackerzahl 50-80) und das Fehlen einer Strohdüngung in den letzten drei Jahren mit verantwortlich sein. Die Unterschiede im Ertrag bzw. in Korn-N zwischen den Schlägen B, C und D scheinen vor allem mit der Vorjahresbewirtschaftung zusammenzuhängen. Während die Schläge B und C aufgrund intensiver organischer Düngung bzw. durch Kleeegrasanbau im Vorjahr hohe N-Bilanzsalden (N-Saldo) aufweisen, ist dieser bei C nach ungedüngtem Getreide negativ. Diese Unterschiede zeichnen sich auch in den Nmin-Werten im Frühjahr ab. Mögliche Gründe für extrem hohe Erträge auf Schlag A sind nicht erkennbar.

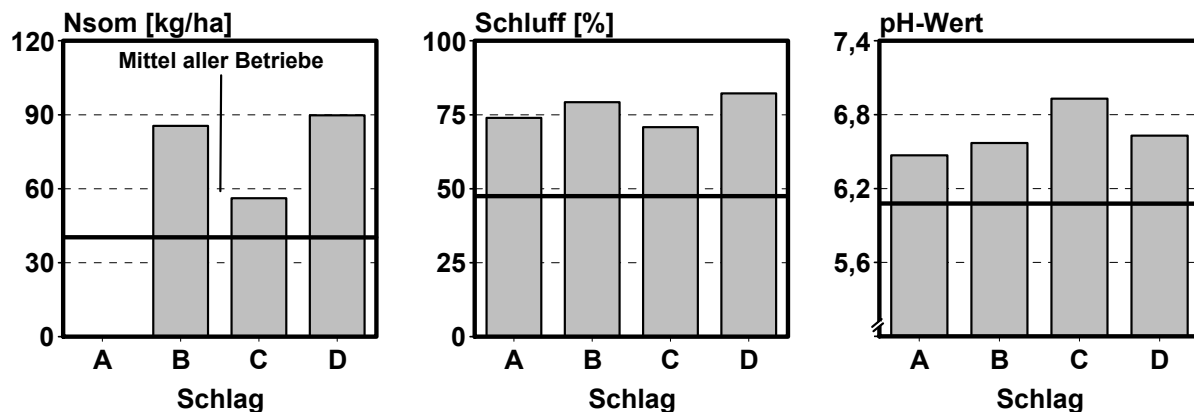


Nmin im Frühjahr: Das Niveau der Nmin-Menge (Nmin90) ist auf Betrieb B4 relativ niedrig. Als Gründe kommen z.B. der niedrige Sandanteil, sowie die fehlende Strohdüngung in den letzten drei Jahren in Frage, wobei die Funktion des letzten Faktors noch unklar ist. Insgesamt sind die relativ niedrigen Werte erstaunlich, da nach den Vorfrüchten keine N-bindenden Zwischenfrüchte angebaut wurden. Eventuell sind trotz der hohen Wasserhaltefähigkeit des Bodens aufgrund langer Brachephase und relativ hoher Niederschlagsmengen (Oktober bis Beprobung: 270 bzw. 350 mm) erhebliche N-Verluste durch Verlagerung aufgetreten.

Vertikale Nmin-Verteilung: Für eine deutliche Verlagerung von Nitrat im Boden spricht auch der relativ geringe Anteil von Nmin in 0-60 cm auf den Schlägen A, B und D im Vergleich zum Durchschnitt der Betriebe (60% zu 75%). Möglicherweise führen aber auch die relativ schweren Bodenverhältnisse zu einer verzögerten N-Mineralisation im Frühjahr.

Sommerliche N-Mineralisation: Insgesamt liegt bei diesem Parameter (Nsom) Betrieb B4 deutlich über dem Durchschnitt der anderen Betriebe. Gründe dafür können der hohe Schluffanteil, der hohe pH-Wert, der geringe Humusbilanz-Saldo der Fruchtfolge (ohne Düngung; $\varnothing$ -80 kg C/ha & Jahr) und die fehlende Strohdüngung in den letzten drei

Jahren sein. Die Nsom-Unterschiede zwischen den Schlägen sind wahrscheinlich v.a. durch die verschiedene Vorfruchtgeschichte (N-Saldo) zu erklären.



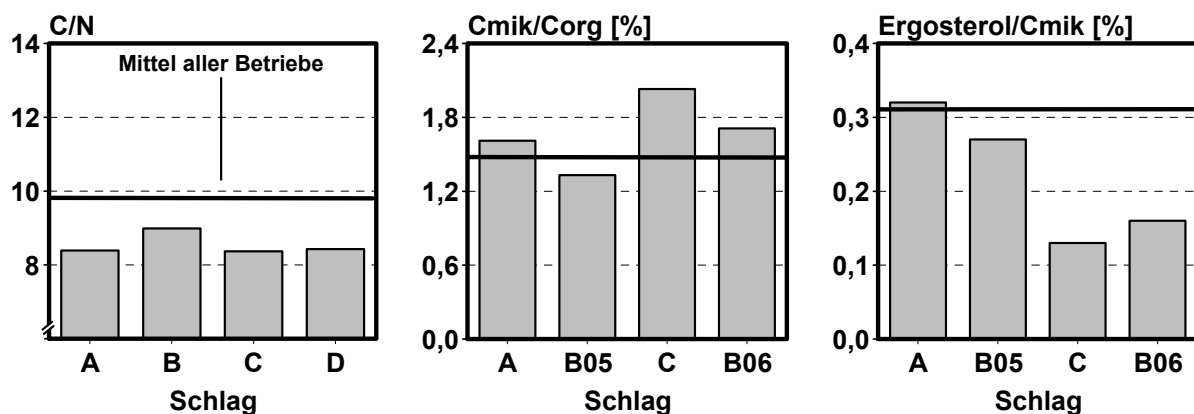
Kenngroßen der organischen Substanz:

Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS) liegt bei Betrieb B4 auch bei Berücksichtigung der Standorteigenschaften z.T. auf relativ niedrigem Niveau. Ursachen können die hohen Durchschnittstemperaturen, der hohe Schluffanteil im Boden sowie der noch relativ kurze Zeitraum ökologischer Wirtschaftsweise sein.

Das **C/N-Verhältnis** liegt bei B4 auf allen Schlägen deutlich unter dem Durchschnitt. Dies ist wahrscheinlich v.a. mit dem hohen Schluff- bzw. Tonanteil und dem erst acht Jahre zurückliegenden Zeitraum intensiver mineralischer Düngung begründet. Ein Einfluss der organischen Düngung ist bisher nicht auszumachen, da trotz sehr unterschiedlicher Verteilung zwischen den Schlägen keine deutlichen Differenzen zu erkennen sind.

Der Gehalt an **mikrobieller Biomasse** (Cmik/Corg & Nmik/Nt) liegt bis auf Schlag B über dem Durchschnitt. Das insgesamt hohe Niveau kann mit den relativ hohen Tongehalten und pH-Werten zusammenhängen. Das Fehlen der organischen Düngung (Schlag A & D) kann durch den dort höheren Kleeergrasanteil in der Fruchtfolge kompensiert worden sein. Der **Cmik/Nmik-Quotient** liegt bei B4 im engen bis mittleren Bereich (3,99–5,9). Der niedrige Wert auf Schlag C weist zusammen mit dem dort hohen OS-Gehalt auf Bewirtschaftungsunterschiede in der Vergangenheit hin.

Der Gehalt von **Ergosterol** in der mikrobiellen Biomasse (Ergosterol/Cmik: Indikator für Anteil an pilzlicher Biomasse) liegt durchweg auf mittlerem bis niedrigem Niveau. Deutliche Einflüsse einzelner Faktoren sind hier nicht zu erkennen. Möglicherweise deutet sich jedoch ein Jahreseinfluss an, da die Schläge A und B im Jahr 2005 und die Schläge C und D im Jahr 2006 beprobt wurden.



Zusammenfassung / Fazit

Betrieb: Seit acht Jahren ökologisch wirtschaftender Betrieb mit Milchviehhaltung (0,6 GV/ha) und günstigen Klima- und Bodenbedingungen (schluffige bis lehmige Böden, Ackerzahl 50-80) sowie hohem Ertragsniveau. Der Futter-Kleegrasanbau und die anfallenden Wirtschaftsdünger sind die Basis für die intensive Produktion von Körner- und auch Hackfrüchten. Problembereiche des ökologischen Anbausystems sind aufgrund des relativ kurzen Bewirtschaftungszeitraums noch nicht zu identifizieren.

Untersuchte Schläge: Die Geschichte der vier Schläge zeigt aufgrund des relativ kurzen Zeitraums und der anfänglich viehlosen Bewirtschaftung bei N- und Humusbilanz eine weite Spannbreite von negativen bis deutlich positiven Salden. Die pH-Werte und Grundnährstoffgehalte liegen auf mittlerem bis gutem Niveau. Die Höhe des Getreideertrags wird v.a. durch die Bodengüte sowie durch kurzfristige Düngung und Vorfrucht beeinflusst. Die N-Versorgung ist durch relativ niedrige N_{min}-Werte im Frühjahr und eine hohe N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer gekennzeichnet.

Organische Substanz: Die OS-Eigenschaften des Standorts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Gute Umsatzbedingungen.
- OS-Gehalte liegen bezogen auf die Standorteigenschaften auf niedrigem bis normalem Niveau.
- Eher hohe Geschwindigkeit und mäßige Effizienz der Umsetzungsprozesse (da z.T. viele Bakterien, wenig Pilze).
- Bedingungen für die N-Mineralisation sind gut (enge C/N- und C_{mik}/N_{mik}-Verhältnisse).
- Die biologische Aktivität der OS ist mittel bis hoch, das zeigt sich auch in der hohen N-Mineralisation im Frühjahr/Sommer.

Insgesamt muss auf diesem sehr umsatzstarken Standort besonders bei relativ langen Brachephasen im Herbst die Gefahr von N-Verlusten durch Nitratverlagerung geprüft werden. Die seit 2003 z.T. durchgeführte Reduzierung der Bearbeitungstiefe durch den Einsatz des Ecomat auf ca. 15 cm kann zu einer schnellen Anreicherung der OS in der oberen Krumenschicht führen und so den zur Verschlämmung neigenden schluffigen Boden an der Oberfläche stabilisieren.

Betriebsbeispiel 5 (B5)

Betriebsbeschreibung

➤ Standort (Bayern)

Höhe: 250 – 300 m ü. NN

Niederschlag: Ø 700 mm/a

Temperatur: Ø 8,8°C (Ø 47 Frosttage)

Bodenart: sandiger bis toniger Lehm

Bodentypen: Parabraunerde (Lößauflage), Braunerde (Bundsandsteinverwitterung)

Ackerzahl: Ø 35

Gefälle: leicht geneigt bis hängig

Wichtige Wurzelunkräuter: Ampfer (wird regelmäßig gestochen), Distel (vereinzelt)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerfuchsschwanz, Kamille, Weißer Gänsefuß, Vogelmiere, Ehrenpreis, Taubnessel

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 9,5 ha Ackerland, 5,5 ha Grünland

Schlaggröße: Ø 0,5 – 2,5 ha

Schlagentfernung: bis 1 km (1 Schlag 4 km)

Betriebszweige: Landwirtschaft im Nebenerwerb: Ackerbau, Legehennen (500), Mutterkühe (2 & Nachzucht), Pferde (2), insgesamt 0,5 GV/ha

Arbeitskräfte: nach Bedarf (Nebenerwerb)

➤ Betriebsgeschichte

Vor Umstellung: Ackerbau, Milchkühe & Masthähnchen (hoher Viehbesatz)

Umstellungsjahr: 1987 (später Flächen zugepachtet)

➤ Ackerbau

Grundbodenbearbeitung: Pflug (15-20 cm), 1x pro Jahr

Düngung: Seit 2001 Mist von 9 GV (500 Legehennen, 2 Mutterkühe, 2 Pferde); Kalk alle 4 – 5 Jahre; 1 ha Stroh wird geerntet, der Rest bleibt auf dem Acker

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Saat: Schleppschar, 13 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Striegel

Ernte & Aufbereitung: Ernte im Lohn, eigenes Lager

Stoppelparbeitung: Grubber

Fruchtfolge: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolge (Kleegrasanteil in Abhängigkeit vom Bodenzustand z. T. deutlich erhöht)

Kleegras-Gründung ¹
Getreide ² US ⁴ Weißklee
Getreide ZF Senf/Phacelia/Wicken
Körnerleguminosen ³
Getreide US ⁴ Weißklee
Getreide US Kleegras ¹

¹ bis 2004 Ansaat: Winterwicken, Inkarnatklee, Gräser; ab 2004 Untersaat: Luzerne, Weißklee und wenig Gras

² S.Weizen, W.Weizen, Triticale, Dinkel (Winterroggen bis 1996)

³ Erbsen, Lupinen (auf leichten Böden), Ackerbohnen (auf schweren Böden)

⁴ Weißkleeuntersaat wenn Wintergetreide auf Wintergetreide folgt

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten (variiert zwischen den Jahren!)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Kleegras-Gründung		17
Dinkel	26	17
Winterweizen	32	32
Sommerweizen	32	
Triticale	25	17
Lupine	25	17
Erbse ¹	24	
Ackerbohne	25	

¹ Erbse wahrscheinlich in Zukunft nicht mehr angebaut

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Niedriges Ertragsniveau bei hohem Anteil von Maßnahmen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit (Kleegrasanteil, organische Düngung).
- Bei Anbau von Getreide nach Getreide oft extrem niedrige Erträge.
- Können steigende Humusgehalte zu stabileren und höheren Erträgen führen?

Untersuchte Schläge

Standortangaben:

Schlag	A	B	C
Ackerzahl	34	40	34
Bodentyp	Braunerde (Buntsandstein)	Parabraunerde (Lößauflage)	Braunerde (Buntsandstein)
Bodenart	mittel lehmiger Sand	stark schluffiger Ton	stark lehmiger Sand
Steine > 2mm [%]	14	1	25
nFk ¹ [l/m ²]	130	175	115
pH	5,4	6,4	6,3
P ₂ O ₅ [mg/100g]	17	7	19
K ₂ O [mg/100g]	18	9	18
Mg [mg/100g]	4	30	14
OS ² [mg/100g]	1,9	2,0	2,4

¹ nutzbare Feldkapazität nach Bodenart und -typ geschätzt: für Pflanzen verfügbare Wassermenge die der Boden maximal speichern kann; ² Organische Substanz

Bewirtschaftungsangaben: aus Angaben seit der Umstellung bis zum Jahr vor der Untersuchung

Schlag	A	B	C
Umstellungsjahr	2001	1987	1989
Kleegrass GD ¹ [%]	0	34	41
Körnerleguminosen [%]	50	6	3
Getreide [%]	50	60	56
Untersaaten / Zwischenfrüchte [%]	25 / 0	16 / 11	15 / 10
Ø Düngung ² [t/ha*a]	2 M	4,6 M	4,6 M
N-Bilanz [kg/ha*a]	6	4	12
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	60	-80	-80

¹ Gründüngung

² Mist (M), Gülle (G) oder N-haltige Handelsdünger (H); gesamte Düngemenge der letzten 10 Jahre, geteilt durch die 10 Jahre

Untersuchtes Getreide:

Schlag (Jahr)	A (2005)	B (2005)	C (2006)	B (2006)
Vorfrucht	Winterweizen US ^{1,2}	Kleegrass-Gründ. ²	Kleegrass-Gründ. ²	Winterweizen
Art	Triticale	Winterweizen	Winterweizen	Dinkel
Sorte	Modus	Ludwig	Achat	Schwabenspelz
Aussaat	30.09.	12.10.	12.10.	06.10
Ertrag ² [dt/ha]	25	55	40	41

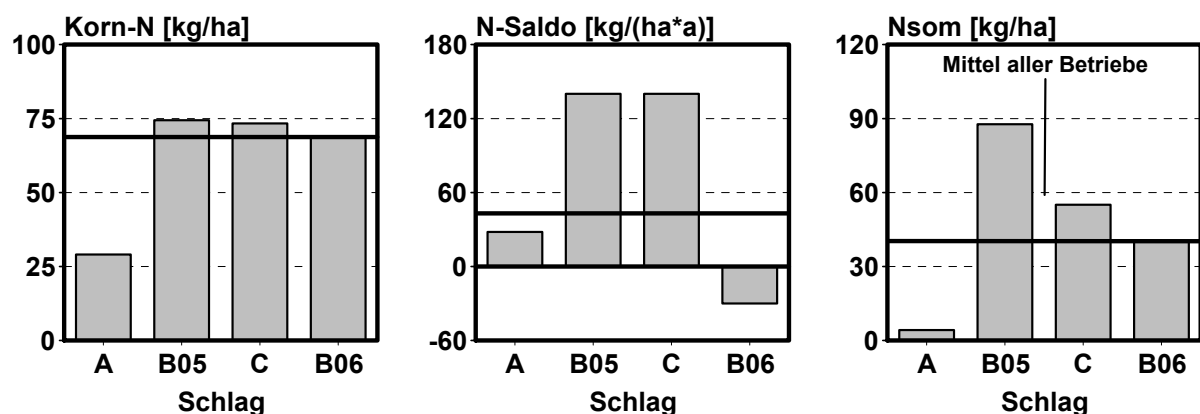
¹ Weißkleeuntersaat; ² Erhebung per Hand, im Schnitt 35% über Ertragsschätzung des Betriebsleiters

² Düngung: Ø 4,6 t Mist/ha

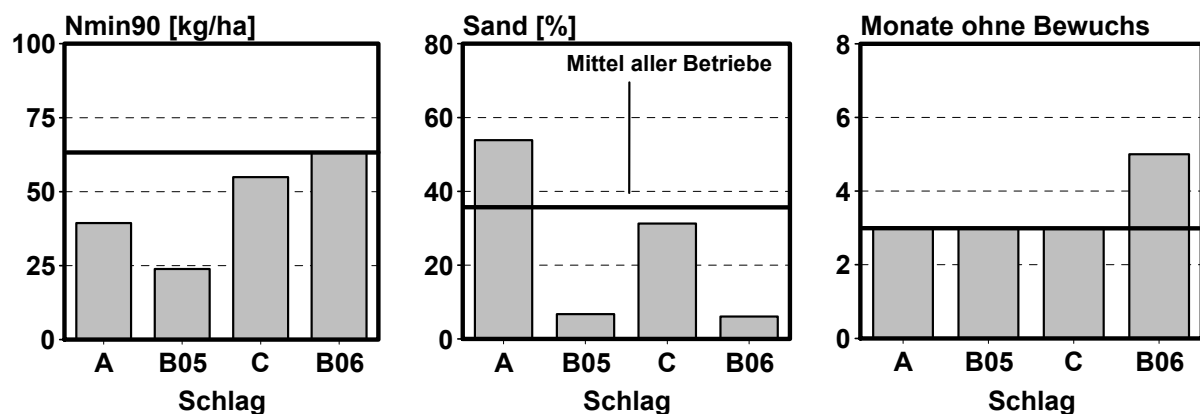
Besonderheiten im Untersuchungsjahr: Schlag B 2006: Ackerfuchsschwanzbesatz;
Schlag C 2006: etwas Luzernedurchwuchs

Auswertung

Ertrag & N-Aufnahme: Betrieb B5 erreicht mit 40 dt/ha (Messpunkte; Praxis: 29 dt/ha) ein leicht unterdurchschnittliches Getreide-Ertragsniveau, dies gilt im ähnlichen Maße für die N-Menge im Korn (Korn-N). Für das eher niedrige Ertragsniveau sind wahrscheinlich v.a. die Bodeneigenschaften verantwortlich (Ackerzahl 30-40). Es handelt sich um flachgründige, sandig-steinige (A & C) bzw. tiefgründigere, tonige Böden (B) mit relativ niedriger nutzbarer Feldkapazität. Auch die Strohdüngung (mittlere Intensität) könnte zum niedrigen Ertragsniveau beitragen. Der relativ hohe Klee-grasanteil in der Fruchtfolge und die Mistdüngung (mittlere Intensität) kann die negativen Einflüsse anscheinend nicht kompensieren. Unterschiede in der N-Bilanz des Vorjahres (N-Saldo) lassen sich tendenziell in der sommerlichen N-Mineralisation (N_{som}) wieder finden. Diese hat wiederum z.T. einen deutlichen Einfluss auf die Erträge bzw. Korn-N-Mengen, was sich v.a. im niedrigen Ertrag des Schlags A zeigt, der erst seit fünf Jahren umgestellt ist und noch kein Klee-gras in der Fruchtfolge hatte.



Nmin im Frühjahr: Das Niveau der Nmin-Menge (Nmin90) ist auf Betrieb B5 relativ niedrig. Auf den flachgründigen, leichten Böden (A & C) könnten N-Verluste durch Nitratverlagerung eine Begründung sein, obwohl im Durchschnitt der Betriebe die Nmin90-Werte mit dem Sandanteil positiv korreliert sind. Der niedrige Nmin90-Wert bei B05 nach Klee-gras-Gründung könnte mit trägen Umsatzeigenschaften des schweren Bodens zusammenhängen. Der selbe Schlag weist 2006 (B06) nach längerer Phase ohne Bewuchs trotz fehlender Düngung deutlich höhere Werte auf. Insgesamt wären auf der Basis der Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen höhere Nmin90-Werte zu erwarten.



Vertikale Nmin-Verteilung: Für eine teilweise deutliche Verlagerung von Nitrat im Boden sprechen auch die z.T. relativ geringen Anteile von Nmin in 0-60 cm (NminVert) auf den Schlägen B06 und C (63% zu 75% im Ø der Betriebe). Der hohe Anteil NminVert auf Schlag B05 (82%) ist ein weiteres Indiz für eine zögerliche N-Mineralisation nach dem Klee gras und gegen eine deutliche Nitratauswaschung auf diesem Schlag.

Sommerliche N-Mineralisation: Insgesamt liegt bei diesem Parameter (N_{som}) Betrieb B5 leicht über dem Durchschnitt aller Betriebe. Die großen Unterschiede zwischen den Schlägen (siehe oben) sind wahrscheinlich v.a. auf die Vorfruchtgeschichte zurückzuführen. Auswirkungen anderer Faktoren sind nicht ersichtlich.

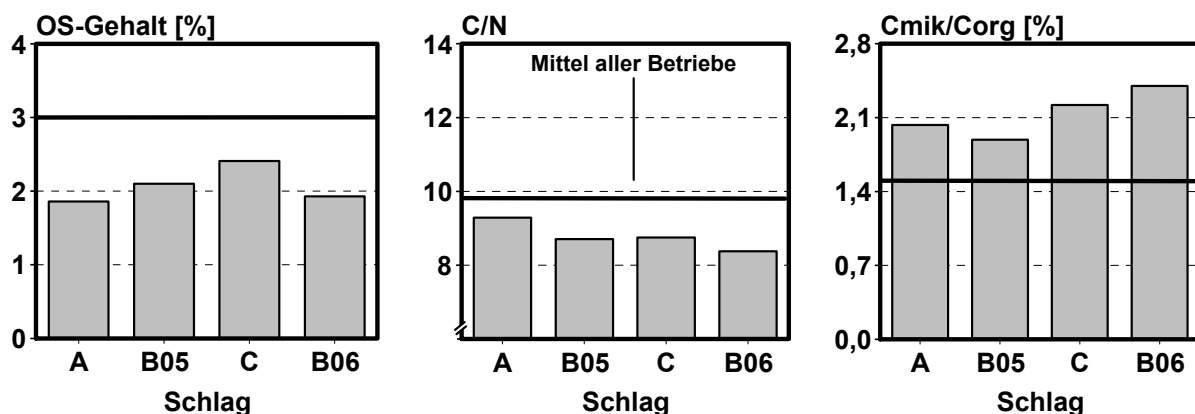
Kenngrößen der organischen Substanz:

Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS) liegt bei Betrieb B5 auf relativ niedrigem Niveau, für die vorliegenden Standorteigenschaften aber in einem normalen Bereich. Ein positiver Einfluss der langjährigen ökologischen Bewirtschaftung mit relativ hohen Salden bei Humus- und N-Bilanz (B & C) ist denkbar.

Das **C/N-Verhältnis** liegt bei B5 auf allen Schlägen trotz großer Unterschiede in den Bodeneigenschaften und in der Bewirtschaftungsgeschichte deutlich unter dem Durchschnitt. Dies ist vor allem auf den sandig-steinigen Böden der Schläge A und C verwunderlich, da auch die C/N-senkende Mistdüngung erst fünf Jahre vor der Untersuchung begonnen wurde.

Der Gehalt an **mikrobieller Biomasse** (C_{mik}/C_{org} & N_{mik}/N_t) liegt deutlich über dem Durchschnitt. Auch hier zeigen weder die Unterschiede in den Bodeneigenschaften noch in der Bewirtschaftungsgeschichte eine Wirkung. Auf allen Schlägen kann die Mistdüngung einen positiven Einfluss auf C_{mik}/C_{org} haben. Hohe Klee grasanteile in der Fruchtfolge (33-40%) kommen nur bei B und C vor; und hohe Tongehalte können nur bei Schlag B als Erklärung dienen.

Der **C_{mik}/N_{mik}-Quotient** variiert bei B5 von 5,1 bis 6,8 (Ø aller Betriebe 5,9). Direkt nach Klee gras liegt der Wert auf Schlag B05 bei 5,6 ein Jahr später nach Getreide (B06) bei 6,8. Ein Einfluss des N-Gehaltes der jeweiligen Biomasse könnte eine Ursache dafür sein. Der Gehalt von **Ergosterol** in der mikrobiellen Biomasse (Ergosterol/C_{mik}: Indikator für Anteil an pilzlicher Biomasse) liegt leicht unter dem Durchschnitt. Auf Schlag A mit relativ kurzer Öko-Geschichte und keinem Klee gras seit der Umstellung liegt der Wert etwas höher als auf den andern Schlägen.



Zusammenfassung / Fazit

Betrieb: Seit fast zwanzig Jahren ökologisch wirtschaftender Nebenerwerbsbetrieb mit mittleren Klima- und eher ungünstigen Bodenbedingungen (sandig-steinige und tonige Böden, Ackerzahl 30-40) sowie unterdurchschnittlichem Ertragsniveau, seit 2001 mit Tierhaltung (0,5 GV/ha: Legehennen, Mutterkühe, Pferde). Der Klee-grasanbau (Gründüngung & Futter) und die anfallenden Wirtschaftsdünger sind die Basis für die Produktion von Körnerfrüchten, vor allem von Getreide. Problematisch ist, dass trotz intensiver Maßnahmen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit (hoher Klee-grasanteil & Einsatz von Wirtschaftsdüngern) ein Anstieg des Ertragsniveaus nicht zu erkennen ist.

Untersuchte Schläge: Die Geschichte der drei Schläge ergibt deutlich positive Humus- und N-Bilanzen. Langfristig ist deshalb auch aufgrund des relativ extensiven Anbaus ohne Hackfrüchte mit einem Humusaufbau zu rechnen. Die pH-Werte und die Grundnährstoffgehalte liegen meist auf ausreichendem bis gutem Niveau und können nicht für das niedrige Ertragsniveau verantwortlich sein. Ursachen des niedrigen Ertragsniveaus über die Bodengüte hinaus, konnten nicht eindeutig identifiziert werden. Die Unterschiede im Getreideertrag werden v.a. durch die verschiedenen Vorfrüchte erklärt. Die N-Versorgung ist durch niedrige bis mittlere N_{min}-Mengen im Frühjahr und eine mittlere bis hohe N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer gekennzeichnet.

Organische Substanz: Die OS-Eigenschaften des Standorts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Mittlere Umsatzbedingungen (Klima).
- OS-Gehalte liegen bezogen auf die Standorteigenschaften auf normalem Niveau.
- Mittlere Geschwindigkeit und Effizienz der Umsetzungsprozesse (durchschnittlicher Anteil an Bakterien & Pilzen).
- Bedingungen für die N-Mineralisation sind gut (enge C/N- und z.T. C_{mik}/N_{mik}-Verhältnisse).
- Die biologische Aktivität der OS ist hoch, das zeigt sich auch in der z.T. hohen N-Mineralisation im Frühjahr/Sommer.

Insgesamt fällt bei Betrieb B5 auf, dass trotz einer sehr aktiven organischen Substanz im Boden und guter Voraussetzungen für die N-Mineralisation kein höheres Ertragsniveau erreicht wird. Somit können auch die Kenngrößen der OS hier keine Erklärung für die unerwartet niedrigen Getreideerträge bieten.

Betriebsbeispiel 6 (B6)

Betriebsbeschreibung

➤ Standort (Bayern)

Höhe: 580 – 600 m ü. NN

Niederschlag: Ø 620 mm/a

Temperatur: Ø 7,0°C (Ø 75 Frosttage)

Bodenart: lehmiger Sand bis sandiger Lehm

Bodentypen: Braunerden (Granitverwitterung)

Ackerzahl: 25 – 30

Gefälle: leichte bis mittlere Neigung

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke (Distel & Ampfer spielen kaum eine Rolle)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerholzahn

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 70 ha Ackerland, 25 ha Grünland

Schlaggröße: Ø 3 ha

Schlagentfernung: 0,1 – 4 km

Betriebszweige: Ackerbau, Ochsenmast (0,3 GV/ha)

Arbeitskräfte: 1,3 AK (0,8 Ackerbau)

➤ Betriebsgeschichte

Vor Umstellung: Ackerbau & Milchvieh

Umstellungsjahr: 1991

➤ Ackerbau

Grundbodenbearbeitung: Pflug (20 cm), 1x pro Jahr, Herbstfurche (auch vor Sommerfrüchten, da sonst eine frühe Saat oft nicht möglich ist, die jedoch für die Ausnutzung der knappen Wasserversorgung und der kurzen Vegetationsperiode notwendig ist)

Düngung: bis 2004 Gülle, ab 2004 Mist von 0,3 GV gleichmäßig auf die Ackerflächen; bis 2004 100% danach 50% vom Stroh auf den Flächen belassen

Saatbettbereitung: Kreiselegge (in Zukunft wegen Quecke Saatbettkombination geplant)

Saat: Schleppschar, 18 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Hacke und Striegel (nur Getreide)

Ernte & Aufbereitung: Ernte im Lohn, eigene Lager, Reinigung & Trocknung

Stoppelparbeitung: 1 – 2 x Grubber

Fruchtfolge: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolge (Keine Zwischenfrüchte, da Bodenbearbeitung im Herbst gegen Unkrautdruck notwendig & kurze Vegetationsperiode)

Kleegras-Futter
Sommergerste
Hafer
Körnererbse
Wintergetreide US-Kleegras

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Kleegras-Futter ¹	400	20
Dinkel	30	20
W.Roggen	30-40	20
S.Gerste	35-50	10
Hafer	30-40	10
Erbsen	30	20

¹ letzter Schnitt wird gemulcht

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Die Marktflechterträge stagnieren trotz guten Bodenzustands auf niedrigem Niveau.
- Einzelne Ergebnisse von Humusuntersuchungen ergeben einen deutlichen Anstieg in den letzten zehn Jahren. Es besteht die Möglichkeit, dass die Maßnahmen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit (Kleegrasanbau, organische Düngung) v.a. den Humusgehalt aber nicht das Ertragsniveau steigern.

Untersuchte Schläge

Standortangaben:

Schlag	A	B	C	D	E	F
Ackerzahl	30					
Bodentyp	Braunerden (Granitverwitterung)					
Bodenart	schwach lehmiger Sand					m. lehmiger Sand
Steine > 2mm [%]	36	46	44	29	32	30
nFk ¹ [l/m²]	125	125	125	115	125	140
pH	6,0	6,3	5,7	5,7	5,8	5,8
P ₂ O ₅ [mg/100g]	15	29	32	16	10	12
K ₂ O [mg/100g]	19	25	16	20	12	21
Mg [mg/100g]	27	24	23	16	21	20
OS ² [mg/100g]	4,3	4,0	4,4	3,6	4,4	4,2

¹ nutzbare Feldkapazität nach Bodenart und -typ geschätzt: für Pflanzen verfügbare Wassermenge die der Boden maximal speichern kann; ² Organische Substanz

Bewirtschaftungsangaben: aus Angaben der letzten zehn Jahre vor der Untersuchung bzw. seit der Umstellung

Schlag	A	B	C	D	E	F
Umstellungsjahr	1991	1991	1991	2000	2000	1991
Kleegras-Futter ¹ [%]	22	20	22	17	33 ²	22
Körnerleguminosen [%]	11	25	22	17	0	22
Getreide [%]	67	50	56	66	66	56
Hackfrüchte [%]	0	5	0	0	0	0
Ø Düngung ³ [t/ha*a]	0,6 M, 3,4 G					
N-Bilanz [kg/ha*a]	-2	4	6	-7	7	12
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	50	130	185	35	115	140

¹ letzte Schnitt wird gemulcht

² 17% Kleegras, 17% Erbsen-Gründung

³ Mist (M), Gülle (G) oder N-haltige Handelsdünger (H); gesamte Düngemenge geteilt durch die Jahre

Untersuchtes Getreide:

Schlag (Jahr)	A (2005)	B (2005)	C (2005)
Vorfrucht	Sommergerste ¹	Erbsen ¹	Kleegras ¹
Art	Roggen	Dinkel	Sommergerste
Sorte	Nikita	Oberkulmer Rotkorn	Ursa
Aussaat	04.10.	06.10.	11.04.
Ertrag ² [dt/ha]	35	35	55
Schlag (Jahr)	C (2006)	D (2006)	E (2006)
Vorfrucht	Erbsen ¹	Erbsen-Gründung ¹	Kleegras ¹
Art	Roggen	Dinkel	Sommergerste
Sorte	Nikita	Oberkulmer Rotkorn	Ursa
Aussaat	25.09.	25.09.	25.04.
Ertrag ² [dt/ha]	41	46	43

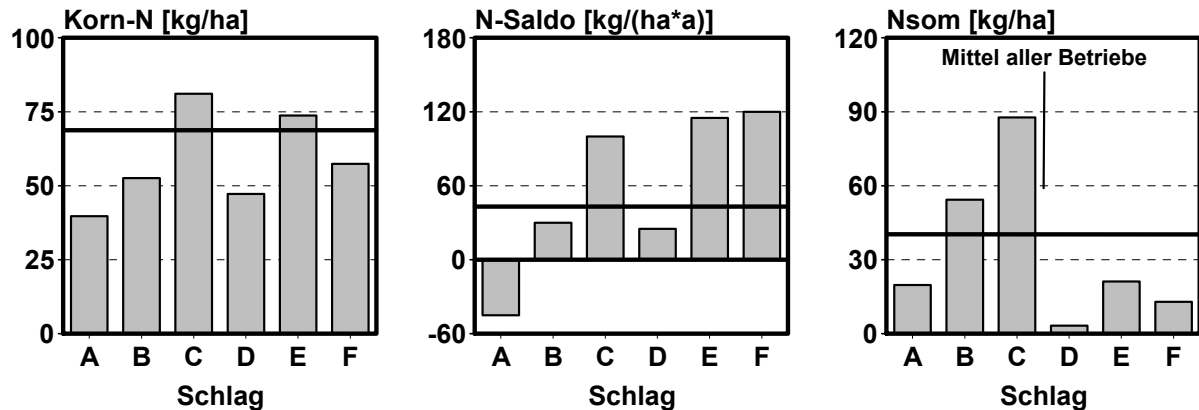
¹ Ø 2,3 t Mist/ha

² Erhebung per Hand, im Schnitt 25% über der Ertragsschätzung des Betriebsleiters

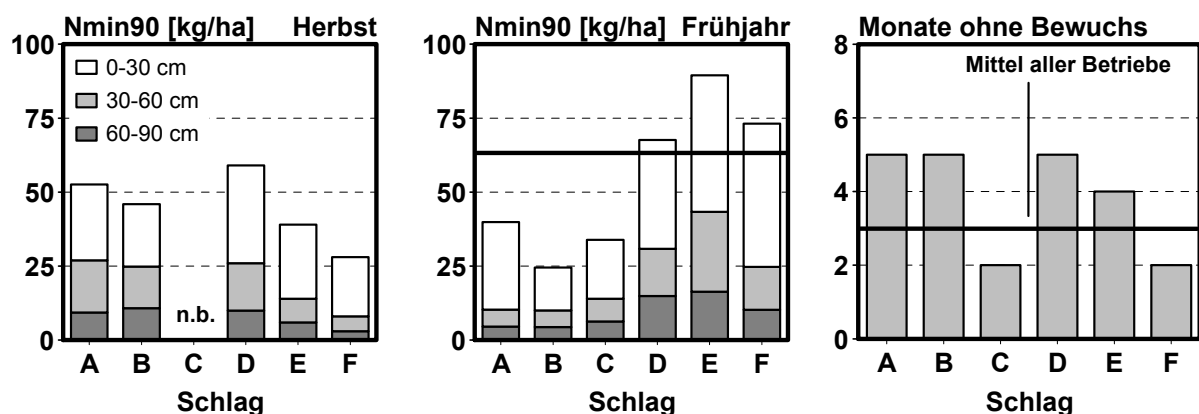
Auswertung

Ertrag & N-Aufnahme: Betrieb B6 erreicht mit 43 dt/ha (Messpunkte; Praxis: 35 dt/ha) trotz der eher ungünstigen Standorteigenschaften, z.B. sandig-grusiger Böden mit niedriger nutzbarer Feldkapazität (Ackerzahl um 30) sowie niedrigen Temperaturen und Niederschlägen ein durchschnittliches Getreide-Ertragsniveau. Aufgrund z.T. geringer Korn-N-Gehalte liegt die N-Menge im Korn (Korn-N) jedoch ca. 15% unter dem Mittel der Betriebe. Der durchschnittlich auf den untersuchten Schlägen relativ hohe N-Bilanzsaldo des Vorjahres (N-Saldo) kann positiv auf das Ertragsniveau wirken. Dieser Faktor scheint auch z.T. für die Ertrags- bzw. Korn-N-Unterschiede zwischen den Schlägen verantwortlich zu sein. Bei der Betrachtung der einzelnen Untersuchungsjahre (A-C 2005, D-F 2006)

ist ein Einfluss der Vorjahresgeschichte (N-Saldo) auf die sommerliche N-Mineralisation (N_{som}) und ein Einfluss auf den Ertrag zu erkennen.



Nmin: Das Niveau der Nmin-Menge im Frühjahr (Nmin90) ist bei Betrieb B6 auf den Schlägen A-C (2005) sehr niedrig, während die Schläge D-F (2006) ein mittleres Niveau erreichen. Die Ausgangswerte im Herbst unterscheiden sich weniger stark. Ein Grund dafür kann die im Vergleich zum Winter 04/05 deutlich längere Frostperiode, verbunden mit niedrigeren Niederschlagsmengen im Winter 05/06 sein. Die Nitratverlagerung könnte dadurch reduziert worden sein. Ein Zusammenhang mit der Länge des Zeitraums ohne Bewuchs (Vorfrucht bis Ende des Vorjahres) ist nur bei den Herbstwerten 2006 (Schlag D-F) ersichtlich. Die niedrigeren Nmin-Werte im Frühjahr 2005 (A-C) können auch durch eine geringere N-Mineralisation hervorgerufen worden sein. Dafür spricht, dass die sommerliche Mineralisation (N_{som}) nach niedrigen Nmin-Werten deutlich höher ausfiel als nach hohen Nmin-Werten.



Vertikale Nmin-Verteilung: Die Nmin-Menge im Frühjahr ist auf allen Schlägen zu einem überdurchschnittlichen Anteil in der Schicht 0-60 cm enthalten. Das kann in diesem Fall sowohl für eine hohe Nitratverlagerung (unter 90 cm bei Schlag A-C) als auch für eine gute Konservierung des mineralischen N (Schlag D-F) sprechen (siehe auch oben).

Sommerliche N-Mineralisation: Insgesamt liegt bei diesem Parameter (N_{som}) Betrieb B6 deutlich unter dem Durchschnitt aller Betriebe. Dies kann mit dem hohen Sandanteil, der relativ verhaltenen organischen Düngung, der Strohdüngung und auch dem niedrigen Anteil mikrobieller Biomasse (C_{mik}/C_{org}) zusammenhängen. Die großen Unterschiede zwischen den Schlägen sind wahrscheinlich v.a. auf die Vorfruchtgeschichte zurückzuführen (siehe oben). Auswirkungen anderer Faktoren sind nicht ersichtlich.

Kenngrößen der organischen Substanz:

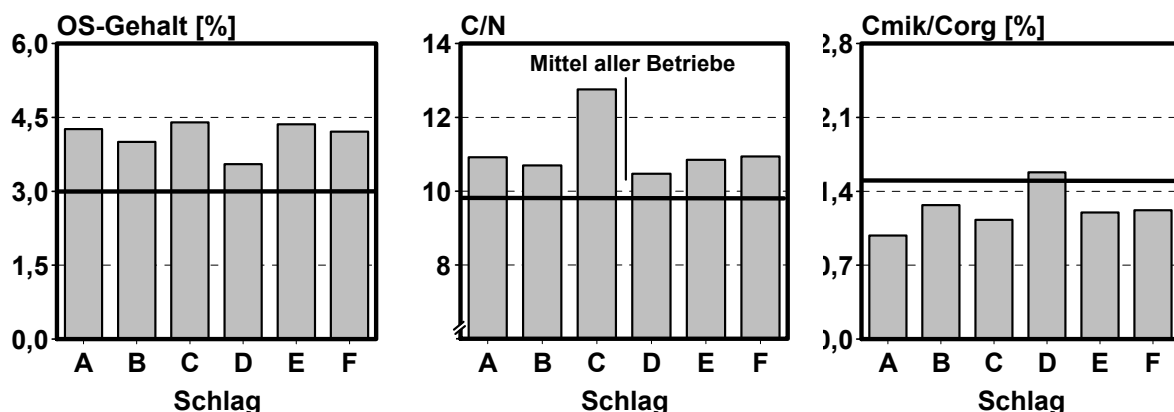
Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS) liegt bei Betrieb B6 auf hohem Niveau, für die vorliegenden Standorteigenschaften aber wohl in einem normalen Bereich. Neben den Standortbedingungen sandig-grusiger Boden und niedrige Durchschnittstemperatur kann die ökologische Bewirtschaftung (durchschnittliche, aber deutlich positive Humusbilanz) wahrscheinlich nur wenig dazu beigetragen haben, da der Zeitraum von 15 Jahren für deutliche Veränderungen im OS-Gehalt relativ kurz ist.

Das **C/N-Verhältnis** liegt bei B6 auf allen Schlägen über dem Durchschnitt. Dem extrem weiten C/N-Verhältnis bei Schlag C können keine erklärenden Standort- oder Bewirtschaftungsfaktoren zugeordnet werden.

Der Gehalt an **mikrobieller Biomasse** (C_{mik}/C_{org} & N_{mik}/N_t) liegt bis auf Schlag D deutlich unter dem Durchschnitt. Auch hier zeigen die Unterschiede in den Bodeneigenschaften und in der Bewirtschaftungsgeschichte keine Wirkung. Die ab 2004 auf Mist umgestellte organische Düngung kann in Zukunft zu einer stärkeren Belebung der OS führen.

Der **C_{mik}/N_{mik}-Quotient** variiert bei B6 von 4,3 bis 7,6 (Ø aller Betriebe 5,9).

Der Gehalt an **Ergosterol** in der mikrobiellen Biomasse (Ergosterol/C_{mik}: Indikator für Anteil an pilzlicher Biomasse) liegt meist deutlich über dem Durchschnitt. Gründe hierfür können im hohen Stein- und Sandanteil, den niedrigen Temperaturen und Niederschlägen sowie in der Strohdüngung liegen. Für den niedrigen Wert auf Schlag D in Verbindung mit relativ niedrigem OS-Gehalt und hohem C_{mik}/C_{org}-Quotienten fehlt eine schlüssige Erklärung.



Zusammenfassung / Fazit

Betrieb (Nachbarbetrieb von B7): Seit fünfzehn Jahren ökologisch wirtschaftender Betrieb mit eher ungünstigen Klima- und Bodenbedingungen (trocken-kaltes Klima, sandig-grusige Böden, Ackerzahl um 30), fast durchschnittlichem Ertragsniveau und mit extensiver Tierhaltung (0,3 GV/ha: Ochsenmast). Der Kleegrasanbau (Gründüngung & Futter) und die anfallenden Wirtschaftsdünger sind die Basis für die Produktion von Körnerfrüchten, vor allem von Getreide. Problematisch wird das Stagnieren der Erträge gesehen, welches mit einer möglichen N-Festlegung in der organischen Substanz des Bodens in Verbindung gebracht wird.

Untersuchte Schläge: Die Geschichte der sechs Schläge ergibt durchschnittliche, positive Humus- und ausgeglichene N-Bilanzen (ohne Berücksichtigung möglicher N-Verluste durch Auswaschung). Da ein deutlicher Humusaufbau jedoch nur bei starken C- und N-Überschüssen wahrscheinlich ist, sind evtl. andere Ursachen für eine unzureichende N-Versorgung verantwortlich. Ein Grund dafür können die N-Verluste durch Nitrat-Verlagerung über Winter sein. Lange Brachephasen und die sehr geringe Wasserhaltefähigkeit des Bodens fördern v.a. in warmen Wintern die Auswaschung von Nitrat. Die Bedeutung dieses Sachverhaltes wird auch durch die Beobachtung gestützt, dass hohe Getreideerträge vor allem nach kalten Wintern (lange Frostperioden ohne Verlagerung) auftreten. Die pH-Werte und die Grundnährstoffgehalte liegen auf hohem Niveau und können nicht für ein niedriges Ertragsniveau verantwortlich sein. Die Unterschiede im Getreideertrag werden v.a. durch die unterschiedliche Bewirtschaftung im Vorjahr (Vorfrucht, Düngung) erklärt. Die N-Versorgung ist durch starke, anscheinend v.a. durch die Vorjahresbewirtschaftung und Witterungseinflüsse ausgelöste Schwankungen sowohl bei den N_{min}-Mengen im Frühjahr als auch bei der N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer gekennzeichnet.

Organische Substanz: Die OS-Eigenschaften des Standorts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Ungünstige Umsatzbedingungen (Klima).
- OS-Gehalte liegen auf hohem, für die Standorteigenschaften normalem Niveau.
- Geringe Geschwindigkeit, jedoch hohe Effizienz der Umsetzungsprozesse (hoher Anteil von Pilzen an den Mikroorganismen im Boden).
- Bedingungen für die N-Mineralisation der OS sind eher ungünstig (weite C/N-Verhältnisse).
- Die biologische Aktivität der OS ist relativ gering, trotzdem ist in einzelnen Fällen eine hohe N-Mineralisation im Frühjahr/Sommer zu verzeichnen.

Insgesamt kann auch aus den Eigenschaften der OS auf einen Boden geschlossen werden, der zur Humusanreicherung neigt. Gezielte Maßnahmen zur Förderung der Umsetzungsprozesse (z.B. Bodenbearbeitungsmaßnahmen oder die Düngung mit leicht verfügbaren N-Quellen) könnten eine bedarfsgerechte N-Versorgung der Marktfrüchte unterstützen.

Betriebsbeispiel 7 (B7)

Betriebsbeschreibung

➤ Standort (Bayern)

Höhe: 570 – 590 m ü. NN

Niederschlag: Ø 620 mm/a

Temperatur: Ø 7,0°C (Ø 75 Frosttage)

Bodenart: lehmiger Sand bis sandiger Lehm

Bodentypen: Braunerden (Granitverwitterung)

Ackerzahl: 20 – 30

Gefälle: geneigt, 50% leicht hängig

Wichtige Wurzelunkräuter: Distel (kein Problem)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerholzahn

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 63 ha Ackerland, 20 ha Grünland (ab 2007 80 ha Acker 20 ha Grünland)

Schlaggröße: Ø 1,4 ha

Schlagentfernung: 0,1 – 6 km

Betriebszweige: Ackerbau, Färsenpension (Kalbinnenaufzucht, 0,3 GV/ha)

Arbeitskräfte: 1 AK (0,7 AK Ackerbau)

Besonderheiten: Tausch von 4 ha Klee gras-Futter gegen 180 m³ Gülle

➤ Betriebsgeschichte

Vor Umstellung: , Ackerbau, Milchvieh

Umstellungsjahr: 1991

➤ Ackerbau

Grundbodenbearbeitung: Pflug (20-25 cm), 1x pro Jahr, relativ spät im Herbst (November; auch vor Sommerfrüchten, da sonst eine frühe Saat oft nicht möglich ist, die jedoch für die Ausnutzung der knappen Wasserversorgung und der kurzen Vegetationsperiode notwendig ist)

Düngung: 15m³/ha zu Getreide ohne Leguminosenvorfrucht und zusätzlich 20m³/ha Gülle zu Weizen (Ende Schossen), Stroh bleibt komplett auf der Fläche.

Saatbettbereitung: Saatbettkombination

Saat: Prismenwalze & Schleppschar, 18 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Hacke und Striegel (nur Getreide, Roggen nicht)

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Lager & Reinigung für Nachbau

Stoppelbearbeitung: 2 – 3 x Grubber

Fruchtfolge: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolge

Kleegras ¹
Winterweizen
Hafer, Dinkel, Roggen
Körnererbse, ZF Senf
Sommergerste US Klee, Kleegras
Getreide nach Klee sonst von vorn

¹ 12 kg Rotklee, 3-4 kg Weißklee, 3 kg welsches Weidelgras, 3 kg Wiesenschwingel, 1kg Lieschgras; Umbruch November; 70 % Futter, 30% Gründüngung (z.B. Mulch 3. Schnitt)

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten
(variiert zwischen den Jahren!)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Kleegras ¹		19
Dinkel	30	12
W.Weizen	40-45	11
W.Roggen	30-33	18
S.Gerste	20-45	10
Hafer	35	11
Erbsen	30	19

¹ 70 % Futter, 30% Gründüngung (z.B. Mulch 3. Schnitt)

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Die Marktfruchterträge stagnieren trotz guten Bodenzustands auf niedrigem bis mittlerem Niveau. Ein Ertrags-Aufschwung wie er im Ökolandbau für den Zeitraum von ca. fünf Jahren nach der Umstellung prognostiziert wird ist nicht zu erkennen.
- Einzelne Ergebnisse von Humusuntersuchungen ergeben einen deutlichen Anstieg in den letzten zehn Jahren. Es besteht die Möglichkeit, dass die Maßnahmen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit (Kleegrasanbau, organische Düngung) v.a. den Humusgehalt aber nicht das Ertragsniveau steigern.
- Es ist ein hohes Ausmaß an mechanischer Bodenbearbeitung zur Beseitigung von Disteln und Quecken notwendig

Untersuchte Schläge

Standortangaben:

Schlag	A	B	C	D	E
Ackerzahl	30	30	25	25	25
Bodentyp	Braunerde (Granitverwitterung)				
Bodenart	mittel lehmiger Sand				
Steine > 2mm [%]	32	40	25	32	32
nFk ¹ [l/m ²]	135	140	135	135	135
pH	5,8	6,1	6,1	6,2	6,3
P ₂ O ₅ [mg/100g]	14	13	13	11	11
K ₂ O [mg/100g]	16	17	22	21	22
Mg [mg/100g]	25	24	21	22	27
OS ² [mg/100g]	3,8	4,1	3,6	3,2	3,5

¹ nutzbare Feldkapazität nach Bodenart und -typ geschätzt: für Pflanzen verfügbare Wassermenge die der Boden maximal speichern kann; ² Organische Substanz

Bewirtschaftungsangaben: aus Angaben der letzten zehn Jahre vor der Untersuchung

Schlag	A	B	C	D	E
Umstellungsjahr	1991	1991	1991	1991	1991
Kleegras ¹ [%]	20	20	20	20	30
Körnerleguminosen [%]	20	10	20	20	10
Getreide [%]	60	70	60	60	60
Untersaaten / Zwischenfrüchte [%]	10	0	0	0	0
Ø Düngung ² [t/ha*a]	4,5 G	4,5 G	5 G	4,5 G	4,5 G
N-Bilanz [kg/ha*a]	8	-2	-1	4	12
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	60	-80	-80	-65	-65

¹ 70 % Futter, 30% Gründüngung (z.B. Mulch 3. Schnitt)

² Mist (M), Gülle (G) oder N-haltige Handelsdünger (H); gesamte Düngemenge geteilt durch die Jahre

Untersuchtes Getreide:

Schlag (Jahr)	A (2005)	B (2005)	C (2006)	D (2006)	E (2006)
Vorfrucht	Kleegras ¹	Sommergerste	Winterweizen ²	Erbsen	Kleegras ¹
Art	Winterweizen	Roggen	Roggen	Dinkel	Winterweizen
Sorte	Capo	Nikita	Oberkulmer Rk.	Capo	Recrut
Aussaat	07.10.	03.10.	28.09.	30.09	08.10
Ertrag ³ [dt/ha]	37	32	33	38	58

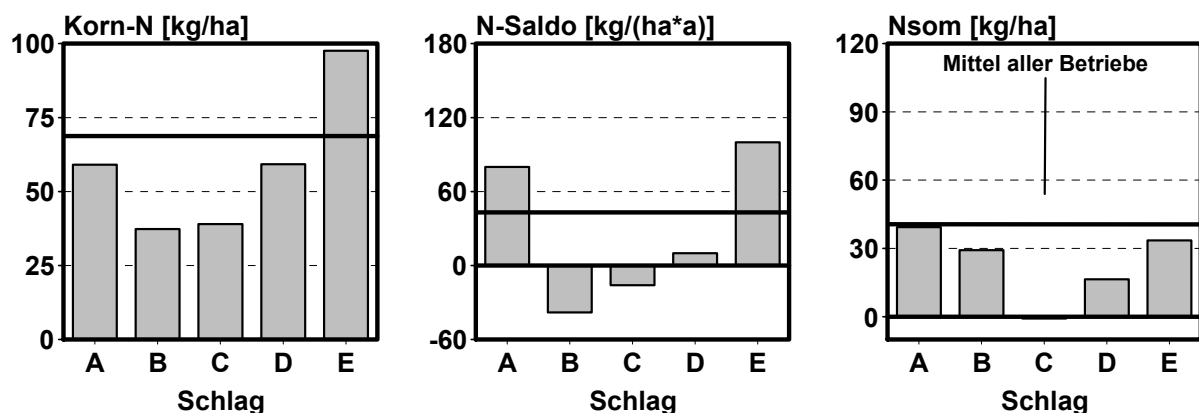
¹ 70 % Futter, 30% Gründüngung (z.B. Mulch 3. Schnitt)

² 20 m³ Gülle/ha

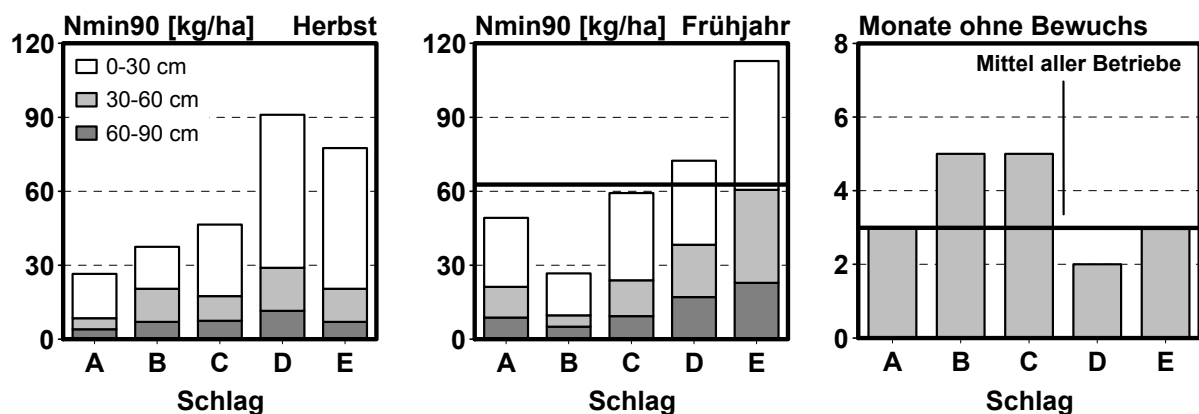
³ Erhebung per Hand, im Schnitt 16% bei Schlag E 57% über der Ertragsschätzung des Betriebsleiters

Auswertung

Ertrag & N-Aufnahme: Betrieb B7 erreicht mit 40 dt/ha (Messpunkte; Praxis: 32 dt/ha) trotz der eher ungünstigen Standorteigenschaften, z.B. sandig-grusige Böden mit niedriger nutzbarer Feldkapazität (Ackerzahl 25-30) sowie niedrige Temperaturen und Niederschläge, ein fast durchschnittliches Getreide-Ertragsniveau. Aufgrund z.T. niedriger Korn-N-Gehalte liegt die N-Menge im Korn (Korn-N) jedoch ca. 15% unter dem Mittel der Betriebe. Der N-Bilanzsaldo des Vorjahres (N-Saldo) liegt im Mittel der untersuchten Schläge auf relativ niedrigem Niveau. Dieser Faktor scheint v.a. für die Ertrags- bzw. Korn-N-Unterschiede zwischen den Schlägen verantwortlich zu sein. Bei der Betrachtung der einzelnen Untersuchungsjahre (A&B 2005, C-E 2006) ist ein Einfluss der Vorjahresgeschichte (N-Saldo) auf die sommerliche N-Mineralisation (N_{som}) und ein Einfluss auf den Ertrag zu erkennen.



Nmin: Das Niveau der Nmin-Menge im Frühjahr (Nmin90) ist bei Betrieb B7 auf den Schlägen A und B (2005) niedrig während die Schläge C-E (2006) ein mittleres bis hohes Niveau erreichen. Schon im Herbst sind deutliche Unterschiede erkennbar. Gründe dafür können die im Winterhalbjahr 05/06, im Vergleich zum Zeitraum 04/05, höheren Herbsttemperaturen, die längere Frostperiode sowie die niedrigeren Niederschlagsmengen sein. Die N-Mineralisation im Herbst könnte dadurch erhöht und die Nitratverlagerung reduziert worden sein. Ein Zusammenhang mit der Länge des Zeitraums ohne Bewuchs (Vorfrucht bis Ende des Vorjahres) ist nicht ersichtlich.



Vertikale Nmin-Verteilung: Die Nmin-Menge im Frühjahr ist auf allen Schlägen zu einem überdurchschnittlichen Anteil in der Schicht 0-60 cm enthalten. Das kann in diesem Fall sowohl für eine hohe Nitratverlagerung (unter 90 cm bei Schlag A & B) verbunden mit einer hohen Frühjahrsmineralisation, als auch für eine gute Konservierung des mineralischen N über Winter (Schlag C-E) sprechen (siehe auch oben).

Sommerliche N-Mineralisation: Insgesamt liegt bei diesem Parameter (N_{som}) Betrieb B7 deutlich unter dem Durchschnitt der Betriebe. Dies kann mit dem hohen Sandanteil, der relativ verhaltenen organischen Düngung, der intensiven Strohdüngung und auch dem z.T. niedrigen Anteil mikrobieller Biomasse (C_{mik}/C_{org}) zusammenhängen. Die großen Unterschiede zwischen den Schlägen sind wahrscheinlich v.a. auf die Vorfruchtgeschichte zurückzuführen (siehe oben). Auswirkungen anderer Faktoren sind nicht ersichtlich.

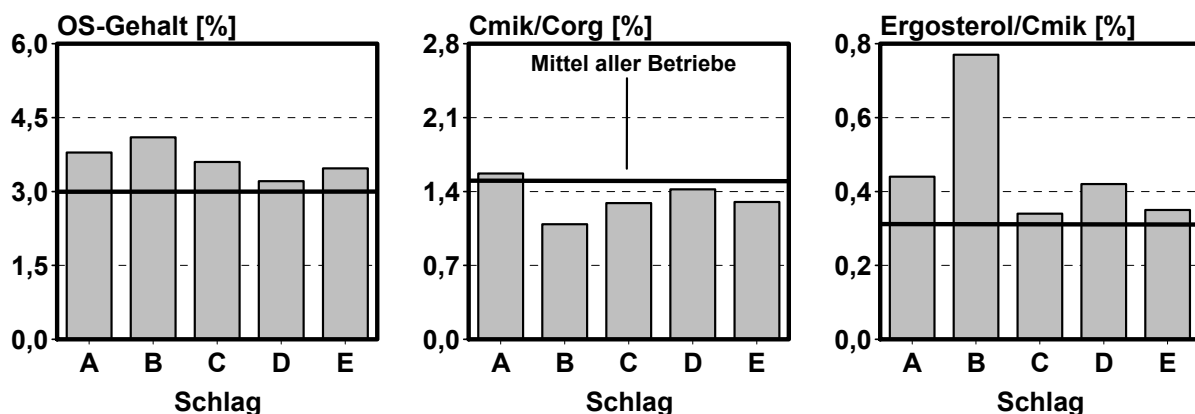
Kenngroßen der organischen Substanz:

Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS) liegt bei Betrieb B7 auf hohem Niveau, für die vorliegenden Standorteigenschaften aber wohl in einem normalen Bereich. Neben den Standortbedingungen sandig-grusiger Boden und niedrige Durchschnittstemperatur kann die ökologische Bewirtschaftung (überdurchschnittliche, positive Humusbilanz) wahrscheinlich nur wenig dazu beigetragen haben, da der Zeitraum von 15 Jahren für deutliche Veränderungen im OS-Gehalt relativ kurz ist.

Das **C/N-Verhältnis** liegt bei B7 auf allen Schlägen ($\bar{x}$ 10,6) leicht über dem Durchschnitt (9,8).

Der Gehalt an **mikrobieller Biomasse** (C_{mik}/C_{org} & N_{mik}/N_t) liegt nur etwas unter dem Durchschnitt. Schlag B mit dem höchsten Steinanteil im Boden sowie dem höchsten Getreide- und Strohdüngungsanteil in der Fruchtfolge weist auch den höchsten OS-Gehalt und den niedrigsten C_{mik}/C_{org}-Quotienten auf.

Der **C_{mik}/N_{mik}-Quotient** variiert bei B6 von 4,4 bis 5,8 ($\bar{x}$ aller Betriebe 5,9). Das relativ enge Verhältnis kann evtl. mit dem für die Bodenart hohen pH-Werten zusammenhängen. Der Gehalt an **Ergosterol** in der mikrobiellen Biomasse (Ergosterol/C_{mik}: Indikator für Anteil an pilzlicher Biomasse) liegt trotz hoher Stein- und Sandanteile, intensiver Strohdüngung und der Klimabedingungen meist auf mittlerem Niveau. Nur auf dem Schlag B mit dem höchsten OS-Gehalt und dem niedrigsten C_{mik}/C_{org}-Quotienten ist er stark erhöht. Bei dieser extremen Abweichung ist ein Einfluss nicht erfasster Faktoren (Schlagvorgeschichte etc.) wahrscheinlich.



Zusammenfassung / Fazit

Betrieb (Nachbarbetrieb von B6): Seit fünfzehn Jahren ökologisch wirtschaftender Betrieb mit eher ungünstigen Klima- und Bodenbedingungen (trocken-kaltes Klima, sandig-grusige Böden, Ackerzahl 25-30), fast durchschnittlichem Ertragsniveau und mit extensiver Tierhaltung (0,3 GV/ha: Kalbinnenaufzucht). Der Kleeerasenbau (Gründüngung & Futter) sowie die anfallende bzw. gegen Kleeerasenaufwuchs getauschte Gülle sind die Basis für die Produktion von Körnerfrüchten, vor allem von Getreide. Problematisch wird das Stagnieren der Erträge gesehen, welches mit einer möglichen N-Festlegung in der organischen Substanz des Bodens in Verbindung gebracht wird.

Untersuchte Schläge: Die Geschichte der fünf Schläge ergibt überdurchschnittliche, positive Humus- und ausgeglichene N-Bilanzen (ohne Berücksichtigung möglicher N-Verluste durch Auswaschung). Da ein deutlicher Humusaufbau jedoch nur bei starken C- und N-Überschüssen wahrscheinlich ist, sind evtl. andere Ursachen für eine unzureichende N-Versorgung verantwortlich. Ein Grund dafür können die N-Verluste durch Nitrat-Verlagerung über Winter sein. Lange Brachephasen und die sehr geringe Wasserhaltefähigkeit des Bodens fördern v.a. in warmen Wintern die Auswaschung von Nitrat. Die Bedeutung dieses Sachverhaltes wird auch durch die Beobachtung gestützt, dass hohe Getreideerträge vor allem nach kalten Wintern (lange Frostperioden ohne Verlagerung) auftreten. Die pH-Werte und die Grundnährstoffgehalte liegen auf hohem Niveau und können nicht für ein niedriges Ertragsniveau verantwortlich sein. Die Unterschiede im Getreideertrag werden v.a. durch die unterschiedliche Bewirtschaftung im Vorjahr (Vorfrucht, Düngung) erklärt. Die N-Versorgung ist durch starke, anscheinend v.a. durch die Vorjahresbewirtschaftung und Witterungseinflüsse ausgelöste Schwankungen sowohl bei den N_{min}-Mengen im Frühjahr als auch bei der N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer gekennzeichnet.

Organische Substanz: Die OS-Eigenschaften des Standorts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Ungünstige Umsatzbedingungen (Klima).
- OS-Gehalte liegen auf hohem, für die Standorteigenschaften normalem Niveau.
- Meist mittlere Geschwindigkeit und Effizienz der Umsetzungsprozesse (mittlerer Anteil von Pilzen an den Mikroorganismen im Boden).
- Bedingungen für die N-Mineralisation der OS sind durchschnittlich (leichte erhöhte C/N-Verhältnisse und relativ enge C_{mik}/N_{mik}-Quotienten).
- Die biologische Aktivität der OS liegt auf fast durchschnittlichem Niveau.

Insgesamt kann aus den Eigenschaften der OS auf einen Boden geschlossen werden, der trotz hemmender Umwelteinflüsse (Klima, Bodenart) eine durchschnittliche Intensität der Umsetzungsprozesse erreicht.

Betriebsbeispiel 8 (B8)

Betriebsbeschreibung

➤ Standort (Bayern)

Höhe: 560 – 600 m ü. NN

Niederschlag: Ø 720 mm/a

Temperatur: Ø 7,2°C (Ø 69 Frosttage)

Bodenart: sandiger bis tonig sandiger Lehm

Bodentypen: Braunerden (verwitterter Gneis und Glimmerschiefer)

Ackerzahl: Ø 33 – 35 (Bodenzahlen 44 – 46)

Gefälle: leicht geneigt bis hängig

Wichtige Wurzelunkräuter: Ampfer (am wichtigsten, wird gestochen), Distel (wird mehr: z.T. weil Klee gras schlechter durch Untersaat-Etablierung anstatt Haferdeckfrucht (geschnitten); z.T. durch Distel-verseuchten Strohimport), Quecke (nimmt ab)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerholzahn

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 65 ha Ackerland, 15 ha Grünland, 20 ha Wald

Schlaggröße: Ø 4 – 14 ha

Schlagentfernung: 0,1 – 1,5 km

Betriebszweige: Ackerbau, Milchkühe & Nachzucht, Ochsenmast, insgesamt 1,1 GV/ha)

Arbeitskräfte: ca. 2,5 AK (inkl. Vieh, Wald, Bautätigkeiten, Maschinenwartung)

➤ Betriebsgeschichte

Vor Umstellung: Gemischtbetrieb wie derzeit (mehr GV/ha da weniger Fläche)

Umstellungsjahr: 1991

➤ Ackerbau

Grundbodenbearbeitung: Pflug (25 cm), 6x pro 10 Jahre

Düngung: Gülle und Tieflaufstall-Mist (1:1), strohreicher Mist in Mietenkompostierung; Stroh wird komplett geerntet; Kalkung ab 2004

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Saat: Doppelscheibenschar, 12,5 cm Reihenweite

Mech. Pflege: 1 – 2 x Striegel

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Lager & Reinigung

Stoppelbearbeitung: 2 x Grubber

Fruchtfolge: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolge

Kleegras-Futter
Kleegras-Futter
Winterweizen, Dinkel, Hafer
Winterweizen, Hafer, Roggen
Dinkel, Hafer ¹ , Roggen US / AS Kleegras ²

¹ z. T. Sommergerste

² Untersaat oder Ansaat nach Ernte

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Kleegras Futter		41
Dinkel	50	12
W.Roggen	40	15
W.Weizen	42	15
Hafer	44	17

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Im Vergleich zum konventionellen Ertragniveau (bis über 100 dt/ha, Ø 80 dt/ha) zu geringe Getreideerträge.
- Trotz hohem Kleegrasanteil in der Fruchtfolge und intensiver Düngung sinkende Getreideerträge und keine sichtbare Düngewirkung von Gülle und Mist (Düngefenster).

Untersuchte Schläge

Standortangaben:

Schlag	A	B	C
Ackerzahl	35	35	35
Bodentyp	Braunerden (verwitterter Gneis und Glimmerschiefer)		
Bodenart	stark lehmiger Sand	stark lehmiger Sand	mittel lehmiger Sand
Steine > 2mm [%]	18	10	15
nFk ¹ [l/m ²]	150	150	130
pH	6,2	6,7	6,6
P ₂ O ₅ [mg/100g]	5	10	9
K ₂ O [mg/100g]	27	23	20
Mg [mg/100g]	11	22	8
OS ² [mg/100g]	3,5	3,0	2,7

¹ nutzbare Feldkapazität nach Bodenart und –typ geschätzt: für Pflanzen verfügbare Wassermenge die der Boden maximal speichern kann.

² Organische Substanz

Bewirtschaftungsangaben: aus Angaben der letzten zehn Jahre vor der Untersuchung

Schlag	A	B	C
Umstellungsjahr	1991	1991	1991
Kleegras-Futter [%]	50	40	50
Getreide [%]	50	60	50
Zwischenfrüchte [%]	0	0	10
Ø Düngung ¹ [t/ha*a]	12 G, 4 M	18 G	14 G 4,5 M
N-Bilanz [kg/ha*a]	35	20	46
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	360	180	380

¹ Mist (M), Gülle (G) oder N-haltige Handelsdünger (H); gesamte Düngemenge geteilt durch die Jahre

Untersuchtes Getreide:

Schlag (Jahr)	A (2005)	B (2005)	A (2006)	C (2006)
Vorfrucht	Kleegras	Dinkel + G ¹	Winterweizen	Kleegras
Art	Winterweizen	Roggen	Hafer	Winterweizen
Sorte	Pollux	Nikita	Flämingsprofi	Pollux
Aussaat	08.11.	30.09.	27.04.	13.10
Ertrag ² [dt/ha]	45	37	57	59

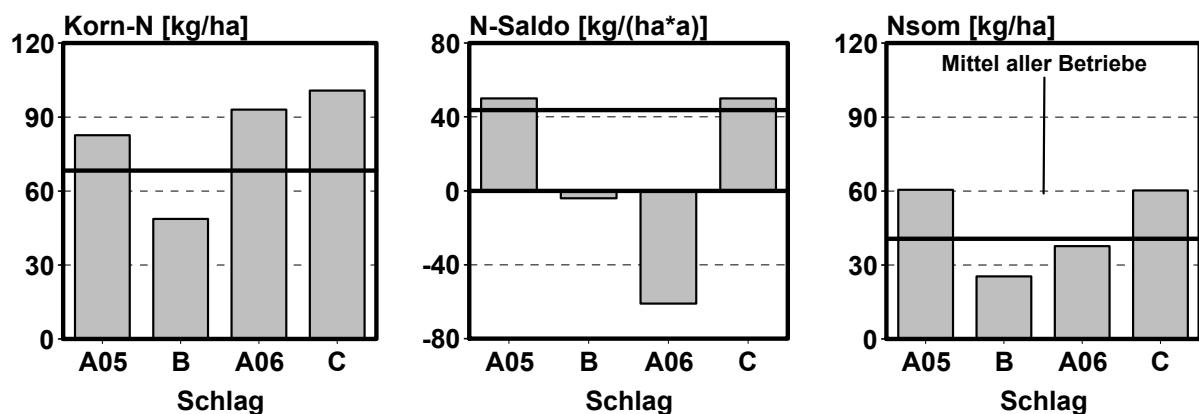
¹ 30 m³ Gülle

² Erhebung per Hand, im Schnitt 27% über der Ertragsschätzung des Betriebsleiters

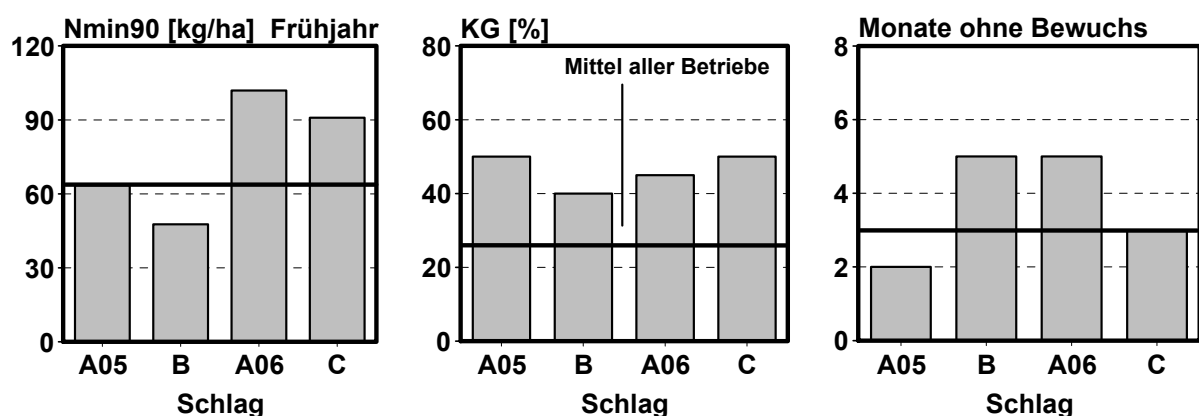
Besonderheiten im Untersuchungsjahr: A 2005: zu späte Saat; A 2006: Hafersaat nach Umbruch von ausgewintertem Roggen, Verunkrautung mit Ackerhohlzahn; C 2006: Effekt der Gülledüngung (40m³) die an den Messpunkten unterblieb war nicht sichtbar.

Auswertung

Ertrag & N-Aufnahme: Betrieb B8 erreicht mit 50 dt/ha (Messpunkte; Praxis: 39 dt/ha) trotz der suboptimalen Standorteigenschaften, z.B. sandig-steinige Böden mit niedriger nutzbarer Feldkapazität (Ackerzahl um 35) sowie niedrige Temperaturen ein überdurchschnittliches Getreide-Ertragsniveau, dies gilt im ähnlichen Maße für die N-Menge im Korn (Korn-N). Wahrscheinlich hängt das vor allem mit dem hohen Klee grasanteil in der Fruchtfolge und dem intensiven Einsatz von Wirtschaftsdüngern zusammen. Der mittlere N-Bilanzsaldo des Vorjahres (N-Saldo) liegt auf relativ niedrigem Niveau, weil auf den untersuchten Flächen – methodisch bedingt – im Vorjahr keine Düngung erfolgte und ein komplett beerntetes Klee gras mit einer relativ geringen N-Zufuhr (50 kg/ha) angesetzt wurde. Bei der Betrachtung der einzelnen Untersuchungsjahre (A05&B 2005, A06&C 2006) ist ein Einfluss von N-Saldo auf die sommerliche N-Mineralisation (N_{som}) und auf den Ertrag zu erkennen (zum hohen Ertrag bei A06, siehe N_{min}).



N_{min}: Die mittleren bis hohen N_{min}-Mengen im Frühjahr (N_{min90}) können mit dem hohen Sandanteil und dem hohen Klee grasanteil in der Fruchtfolge (KG) zusammenhängen. Gründe für die deutlichen Jahresunterschiede (A05&B 2005, A06&C 2006) können die im Winterhalbjahr 05/06, im Vergleich zu 04/05 höheren Herbsttemperaturen, die längere Frostperiode sowie die niedrigeren Niederschlagsmengen sein. Die N-Mineralisation im Herbst könnte dadurch erhöht und die Nitratverlagerung reduziert worden sein. Die Länge des Zeitraums ohne Bewuchs (Vorfrucht bis Ende des Vorjahres) hat kaum sichtbare Effekte. Der trotz ungünstiger Vorfrucht (N-Saldo) relativ hohe N_{min}-Wert (und Ertrag) auf Schlag A06 kann mit der Steigerung der Mineralisation durch die doppelte Bodenbearbeitung im Herbst und im Frühjahr (Roggenumbruch & Haferansaat) zusammenhängen.



Vertikale Nmin-Verteilung: Die Nmin-Menge im Frühjahr ist auf den meisten Schlägen zu einem überdurchschnittlichen Anteil in der Schicht 0-60 cm enthalten. Das kann in diesem Fall sowohl für eine hohe Nitratverlagerung (unter 90 cm bei Schlag A05 & B) verbunden mit einer hohen Frühjahrsmineralisation als auch für eine gute Konservierung des mineralischen N über Winter (Schlag A06 & C) sprechen (siehe auch oben).

Sommerliche N-Mineralisation: Insgesamt liegt bei diesem Parameter (N_{som}) Betrieb B8 trotz hohem Sandanteils im Boden und hohem Humusbilanzsaldo der Fruchtfolge (ohne Düngung) auf durchschnittlichem Niveau. Dies kann mit dem intensiven Einsatz von Wirtschaftsdüngern, dem Fehlen einer Strohdüngung und dem hohen Anteil mikrobieller Biomasse an der OS (C_{mik}/C_{org}) zusammenhängen. Die Unterschiede zwischen den Schlägen sind wohl v.a. auf die Vorfruchtgeschichte und die Witterung zurückzuführen.

Kenngroßen der organischen Substanz:

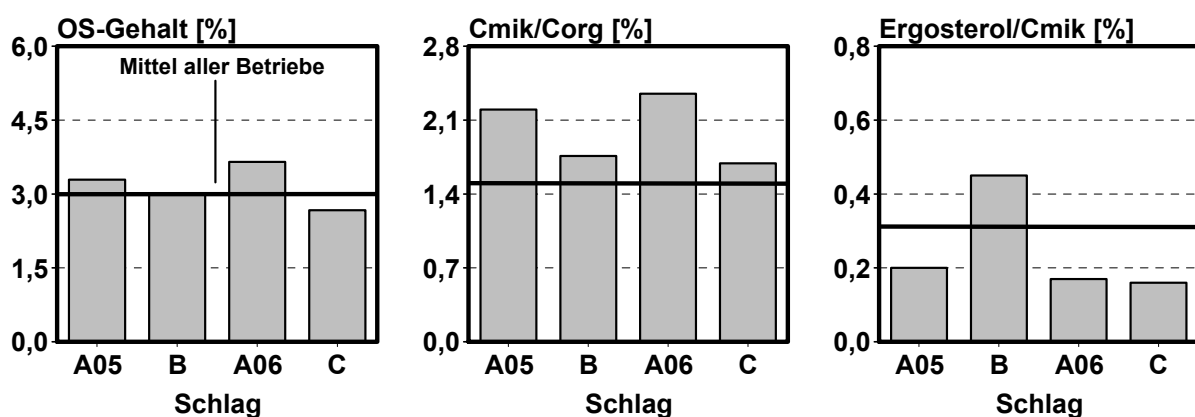
Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS) liegt bei B8 im mittleren Bereich der Betriebe, für die vorliegenden Standorteigenschaften aber wohl auf einem normalen Niveau. Die hohen Salden von Humus- und N-Bilanz deuten darauf hin, dass in der Zukunft eher mit einem Anstieg der OS-Gehalte zu rechnen ist.

Das **C/N-Verhältnis** liegt auf allen Schlägen ($\bar{x}$ 9,3) trotz des sandig-steinigen Bodens unter dem Durchschnitt (9,8), was u.a. mit dem intensiven Einsatz von Wirtschaftsdüngern und dem Fehlen einer Strohdüngung zusammenhängen kann.

Der Gehalt an **mikrobieller Biomasse** (C_{mik}/C_{org} & N_{mik}/N_t) liegt über dem Durchschnitt. Auch hier sind wahrscheinlich der intensive Einsatz von Wirtschaftsdüngern und das Fehlen einer Strohdüngung ausschlaggebend. Gründe für die höheren Werte von Schlag A werden aus den erfassten Standort- und Bewirtschaftungsparametern nicht ersichtlich.

Der **C_{mik}/N_{mik}-Quotient** variiert bei B6 von 4,5 bis 6,6 ($\bar{x}$ aller Betriebe 5,9). Das meist enge Verhältnis kann mit der intensiven organischen Düngung zusammenhängen.

Der Gehalt an **Ergosterol** in der mikrobiellen Biomasse (Ergosterol/C_{mik}: Indikator für Anteil an pilzlicher Biomasse) liegt meist auf niedrigem Niveau. Gründe hierfür sind wahrscheinlich wieder der intensive Einsatz von Wirtschaftsdüngern und das Fehlen einer Strohdüngung. Ursachen für den hohen Wert auf Schlag B könnten u.a. sein, dass dort nur Gülle und kein Mist gedüngt wurde und dieser Schlag die niedrigste N-Bilanz von B8 aufweist. Der hohe Ergosterol/C_{mik}-Wert könnte auch eine Erklärung für die relativ geringe N-Freisetzung (N_{min90} & N_{som}) auf Schlag B sein.



Zusammenfassung / Fazit

Betrieb: Seit fünfzehn Jahren ökologisch wirtschaftender Betrieb mit eher ungünstigen Temperatur- und Bodenbedingungen (kaltes Klima, sandig-steinige Böden, Ackerzahl um 35), überdurchschnittlichem Ertragsniveau und mit intensiver Tierhaltung (1,1 GV/ha: Milchvieh). Der Kleeergrasfütteranbau sowie der intensive Einsatz von Mist und Gülle sind die Basis für die Getreideproduktion. Problematisch wird das im Vergleich zu konventionellen Betrieben am Standort geringe und eher sinkende Ertragsniveau sowie die geringe Ertragswirksamkeit hoher Düngermengen gesehen.

Untersuchte Schläge: Die Geschichte der drei Schläge ergibt überdurchschnittliche, positive Humus- und N-Bilanzen (ohne Berücksichtigung möglicher N-Verluste durch Auswaschung). Aufgrund des relativ leichten und aktiven Bodens sowie längerer Brachephasen in Herbst und Winter sind relevante N-Verluste jedoch nicht auszuschließen. Es ist wahrscheinlich, dass auch bei Berücksichtigung möglicher N-Verluste ein N-Überschuss vorliegt, der bisher nicht in Ertrag umgesetzt wird. Die pH-Werte und die Grundnährstoffgehalte liegen größtenteils auf mittlerem bis hohem Niveau und kommen als Begrenzung des Ertragsniveaus nicht in Frage. Die Unterschiede im Getreideertrag werden v.a. durch die verschiedene N-Versorgung aufgrund der Bewirtschaftung im Vorjahr (Vorfrucht, Düngung) und der Witterung im Winterhalbjahr erklärt. Sowohl die N_{min}-Mengen im Frühjahr als auch die N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer liegen auf mittlerem Niveau und werden v.a. durch die Vorjahresbewirtschaftung, Witterungseinflüsse und Bodenbearbeitungsmaßnahmen beeinflusst. Eine Erhöhung der N-Freisetzung durch gezielte Bodenbearbeitungsmaßnahmen könnte eine Möglichkeit sein, das Ertragsniveau zu steigern.

Organische Substanz: Die OS-Eigenschaften des Standorts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Mäßige Umsatzbedingungen (Klima).
- OS-Gehalte liegen auf mittlerem, für die Standorteigenschaften normalem Niveau.
- Meist hohe Geschwindigkeit und geringe Effizienz der Umsetzungsprozesse (geringer Anteil von Pilzen an den Mikroorganismen im Boden).
- Bedingungen für die N-Mineralisation der OS sind gut (enge C/N-Verhältnisse und z.T. enge C_{mik}/N_{mik}-Quotienten).
- Die biologische Aktivität der OS liegt auf vergleichsweise hohem Niveau.

Insgesamt kann aus den Eigenschaften der OS auf einen Boden geschlossen werden, der trotz hemmender Umwelteinflüsse (Temperatur, Bodenart) aufgrund der intensiven Maßnahmen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit (Kleeergras, organische Düngung) eine relativ hohe Intensität der Umsetzungsprozesse erreicht. Eine Erklärung der geringen Ertragswirksamkeit organischer Düngung können die gemessenen OS-Eigenschaften nicht bieten.

Betriebsbeispiel 9 (B9)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Baden-Württemberg)

Höhe: 480 – 650 m ü. NN

Niederschlag: Ø 900 mm/a

Temperatur: Ø 7,2°C (Ø 60 Frosttage)

Bodenart: Lehm, toniger Lehm bis lehmiger Ton

Bodentypen: Parabraunerde (Lößauflage), Pelosol-Pseudogley (Tonstein), Pelosole (Mergel & Tonstein)

Ackerzahl: 30 – 70, Ø eher unterer Bereich

Gefälle: geneigt bis leicht hängig, 25% stärker hängig

Wichtige Wurzelunkräuter: Distel, Ampfer

Wichtige einjährige Unkräuter: Senf, Hederich, Ackerfuchsschwanz

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 94 ha Ackerland, 80 ha Grünland (davon 30 ha Streuobst), weitere Zupacht

Schlaggröße: Ø 1,2 ha

Schlagentfernung: 0,1 – 15 km

Betriebszweige: Ackerbau, Mutterkuhhaltung (0,4 GV/ha), Gemüse bis 2006, Dinkel schälen (600 t/Jahr), Vermarktung (extra Betrieb)

Arbeitskräfte: 2,7 AK

Besonderheiten: Flächen mit größerer Entfernung zur Hofstelle werden viehlos bewirtschaftet (keine Futterproduktion keine Wirtschaftsdünger); viel Zupacht (sehr unterschiedliche Geschichte je Schlag)

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: Ackerbau, Milchvieh (Zupachtflächen unterschiedlich)

Umstellungsjahr: 1992 (viehlos 1998-2001), seit 1996 neu Pachtflächen

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (20 cm, je nach Tiefgründigkeit z. T. flacher), 8x in 10 Jahren

Düngung: Gülle und Tieflaufstall-Mist (1:1) von 0,4 GV/ha; jedes Jahr 14 m³/ha Gülle auf die hofnahen Ackerflächen (54 ha); der strohreicht, kompostierte Mist wird hauptsächlich auf das Grünland ausgebracht; das Stroh wird nur auf den hofnahen Flächen geerntet

Saatbettbereitung: Güttlerwalze, Kreiselegge

Saat: Schleppschar, 12 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Striegel

Ernte & Aufbereitung: Ernte im Lohn, eigene Lager & Reinigung

Stoppelbearbeitung: 2 x Flügelschargrubber

Fruchtfolge: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolge

Viehlos (40 ha)	Mit Vieh (54 ha)
Rotklee-Gründung ¹	Klee-Luzerne-Gras-Futter
Winterweizen ZF Senf/A.Bohne	Klee-Luzerne-Gras-Futter
Hafer	Hafer
Sommerklee-Gründung ²	Winterweizen
Dinkel	Erbse, Ackerbohne
Roggen, Triticale US o. AS Klee ³	Dinkel
	Roggen, Triticale US o. AS Klee gras ³

¹ wenig Gras

² Perser- & Alexandrinerklee

³ Untersaat oder Ansaat

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten
(variiert zwischen den Jahren!)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Klee gras-Futter		29
Klee gras-Gründung		
Sommerklee	30-35	7
Dinkel	30-35	19
Roggen	28	10
Winterweizen	30-35	10
Hafer	30-35	14
Erbse	20-45	7
Ackerbohne	38	
Triticale/Hafer/Gerste/Erbse		5

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Hohe Humusgehalte aber auf niedrigem Niveau stagnierende Erträge.
- Hofnahe Flächen weisen höhere und stabilere Erträge auf.

Untersuchte Schläge

Standortangaben:

Schlag	A	B	C	D
Ackerzahl	60	35	42	48
Bodentyp	Parabraunerde (Lößauflage)	Pelosol-Pseudogley (Tonstein)	Pelosol (Mergel)	Pelosol (Tonmergelstein)
Bodenart	mittel toniger Schluff	mittel toniger Schluff	schwach schluffiger Ton	schwach schluffiger Ton
Steine > 2mm [%]	1	1	4	0
nFk ¹ [l/m ²]	180	180	155	155
pH	5,5	6,4	7,3	6,2
P ₂ O ₅ [mg/100g]	3	1	29	3
K ₂ O [mg/100g]	7	18	46	8
Mg [mg/100g]	26	51	6	10
OS ² [mg/100g]	4,0	4,5	5,7	6,5

¹ nutzbare Feldkapazität nach Bodenart und -typ geschätzt: für Pflanzen verfügbare Wassermenge die der Boden maximal speichern kann.

² Organische Substanz

Bewirtschaftungsangaben: aus Angaben der letzten dreizehn (A & B), sechs Jahre (C) bzw. fünf Jahre (D) vor der Untersuchung

Schlag	A	B	C	D
Umstellungsjahr	1992	1992	1992	2001
Klee gras ¹ [%]	31	39	33	40
Körnerleguminosen [%]	0	0	17	0
Getreide [%]	69	61	33	40
Hackfrüchte [%]	0	0	17	20
Zwischenfrüchte [%]	15	15	17	20
Ø Düngung ² [t/ha*a]	0	0	10 G	14 G
N-Bilanz [kg/ha*a]	13	15	16	6
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	185	160	85	-15

¹ Schlag A & B Grünbrache, Schlag C & D Futter

² Mist (M), Gülle (G) oder N-haltige Handelsdünger (H); gesamte Düngemenge geteilt durch die Jahre

Untersuchtes Getreide:

Schlag (Jahr)	A (2005)	B (2005)	C (2006)	D (2006)
Vorfrucht	Sommerweizen	Klee gras-Gründ. ¹	Hafer + G ²	Klee gras-Futter+G ²
Art	Roggen	Winterweizen	Dinkel	Dinkel
Sorte	Recrut	Capo	Oberkulmer Rk.	Frankenkorn
Aussaat	04.10.	15.11.	08.10.	09.10
Ertrag ³ [dt/ha]	55	67	40	56

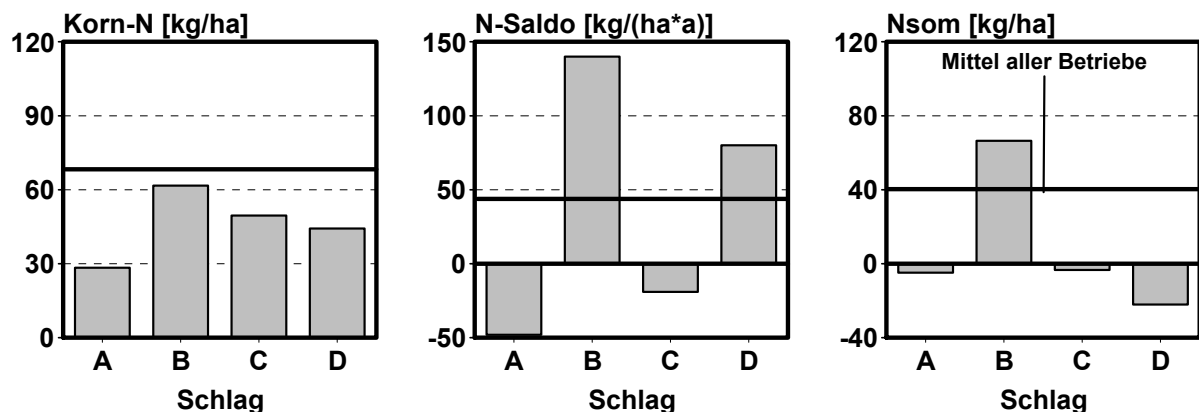
¹ Gründüngung

² Düngung: 14 m³ Gülle

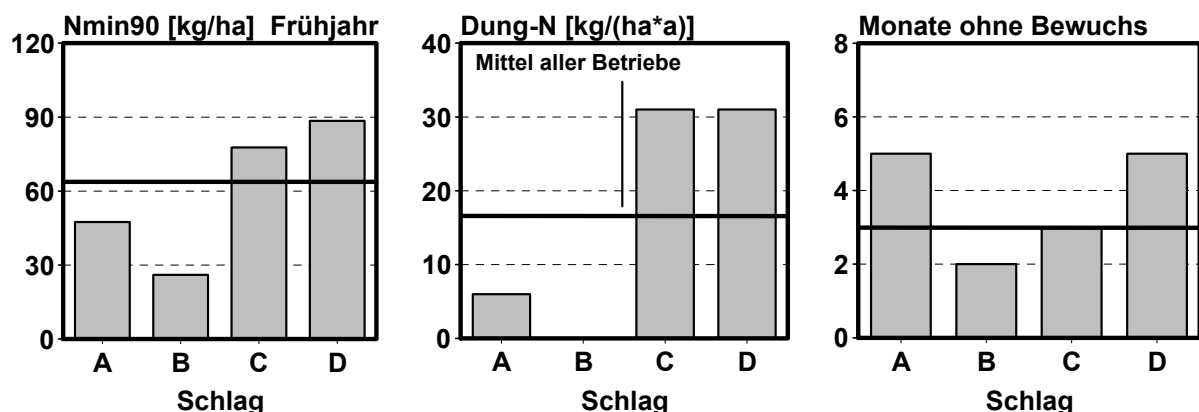
³ Erhebung per Hand, im Schnitt 25% über der Ertragsschätzung des Betriebsleiters

Auswertung

Ertrag & N-Aufnahme: Betrieb B9 erreicht mit 27 dt/ha (Messpunkte; Praxis: 28 dt/ha) nur ein niedriges Getreide-Ertragsniveau, dies gilt im ähnlichen Maße für die N-Menge im Korn (Korn-N). Gründe dafür können u.a. die z.T. sehr tonigen Böden (C&D 50%; Ø Ackerzahl aller Schläge 46) und die, aufgrund der Höhenlage, niedrigen Temperaturen bei hohen Niederschlagsmengen sein. Aber auch die viehlose Bewirtschaftung (nur A&B; keine/wenig Wirtschaftsdünger, Strohdüngung) verbunden mit einer hohen Humusbilanz sowie die meist durch geringe sommerliche N-Mineralisation (N_{som}) geprägte N-Versorgung und die oft geringe Phosphor-Verfügbarkeit können mit niedrigen Erträgen auf den entsprechenden Schlägen zusammenhängen. Die relativ hohe Korn-N-Menge auf Schlag B kann mit der N-Zufuhr durch die vorherige Klee-grasgründung (N-Saldo) erklärt werden. Der bei hohem N-Gehalt (Weizen mit 2,6% N) niedrige Ertrag auf diesem Schlag weist jedoch auf Störungen der Ertragsbildung hin. Gründe für den niedrigen Ertrag (bzw. Korn-N) in Verbindung mit hohem N_{min90}- aber geringem N_{som}-Wert auf dem erst vor fünf Jahren umgestellten Schlag D sind nicht erkennbar.



N_{min}: Die trotz hohem Klee-grasanteil in der Fruchtfolge nur niedrigen bis mittleren N_{min}-Mengen im Frühjahr (N_{min90}) können mit dem hohen Tongehalt (v.a. B-D) und, nur auf den Schlägen A und B, mit der hohen Strohdüngung zusammenhängen. Gründe für die deutlichen Schlagunterschiede können u.a. die Jahreswitterung (A&B 2005, C&D 2006), das langfristige Düngungsniveau (Dung-N) und der Zeitraum ohne Bewuchs im Vorjahr sein. Eine längere Brachephase hat auf diesen schweren, trägen Böden ohne große Nitrat-Auswaschungsgefahr einen eher positiven Effekt auf die N_{min}-Menge im Frühjahr.



Vertikale Nmin-Verteilung: Der Anteil Nmin in der Schicht 0-60 cm ist auf den Schlägen mit langem Zeitraum ohne Bewuchs im Vorjahr geringer als bei kurzen Brachephasen. Dies weist auf eine stärkere Nitratverlagerung ohne Bewuchs hin; da jedoch die Nmin-Menge insgesamt (Nmin90) auf diesen Schlägen relativ hoch liegt, ist eine deutliche Verlagerung unter 90 cm unwahrscheinlich.

Sommerliche N-Mineralisation: Bei diesem Parameter (Nsom) liegt Betrieb B9 trotz des hohen Tonanteils meist auf niedrigem Niveau. Eine Ausnahme ist Schlag B mit der Vorfrucht Klee-grasgründung. Die niedrigen Nsom-Werte auf den Schlägen A und C können mit der geringen N-Bilanz des Vorjahres (N-Saldo) zusammenhängen. Auf Schlag D ist der niedrige Nsom-Wert evtl. mit der starken Mineralisation leicht verfügbarer N-Substrate im Herbst nach frühem Klee-grasumbruch (hoher Nmin90-Wert) zu erklären.

Kenngroßen der organischen Substanz:

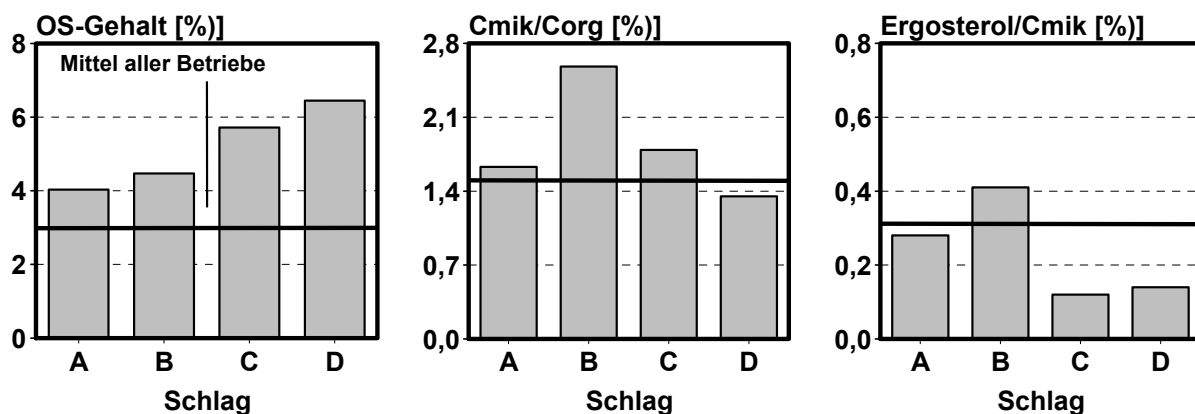
Der Gehalt an **organischer Substanz** im Boden (OS) liegt bei B9 über dem Durchschnitt, für die Standorteigenschaften (niedrige Temperatur, hoher Tongehalt) aber wohl auf normalem Niveau. Die Unterschiede zwischen den Schlägen können mit den Tongehalten und mit klimatischen Einflüssen (C&D ca. 100-150 m höher als A&B) begründet sein. Eine deutlich positive Humusbilanz weisen nur die viehlos bewirtschafteten Flächen A und B auf. Allerdings lässt die bei allen Schlägen nur leicht positive N-Bilanz (durchschnittlich) nicht auf einen Humusaufbau schließen.

Das **C/N-Verhältnis** liegt auf allen Schlägen von B9 ($\bar{x}$ 9,6) nur leicht unter dem Durchschnitt (9,8). Deutliche Unterschiede zwischen den Schlägen aufgrund der verschiedenen Standorteigenschaften und Bewirtschaftung treten nicht auf.

Der Gehalt an **mikrobieller Biomasse** (Cmik/Corg & Nmik/Nt) ist durchschnittlich, nur Schlag B liegt deutlich darüber. Dort könnte das aus der spät umgebrochenen Klee-grasgründung stammende organische Material für eine hohe Aktivität der OS verantwortlich sein.

Das weite **Cmik/Nmik-Verhältnis** bei B6 (6,4-7,8; $\bar{x}$ aller Betriebe 5,9) kann ein Hinweis auf ungünstige N-Mineralisations-Bedingungen sein.

Der Gehalt an **Ergosterol** in der mikrobiellen Biomasse (Ergosterol/Cmik: Indikator für Anteil an pilzlicher Biomasse) liegt auf den viehlos bewirtschafteten Schlägen A&B wahrscheinlich aufgrund des höheren Getreideanteils, der intensiven Strohdüngung und dem geringen Einsatz von Wirtschaftsdüngern deutlich höher als auf den Schlägen C und D mit Futterproduktion, Strohabfuhr und Gülledüngung.



Zusammenfassung / Fazit

Betrieb: Seit vierzehn Jahren ökologisch wirtschaftender Betrieb mit eher ungünstigen Klima- und Bodenbedingungen (nass-kaltes Klima, tonige Böden, Ackerzahl 35-60), niedrigem Ertragsniveau und extensiver Tierhaltung (0,4 GV/ha: Mutterkuhhaltung). Die Ackerbaufläche teilt sich in betriebsferne Schläge mit viehloser Bewirtschaftung (Klee-grasgründung, Strohdüngung, kaum Wirtschaftsdünger) und Getreideproduktion sowie den betriebsnahen Flächen mit Gülledüngung und dem Anbau von Klee-grasfutter, Druschfrüchten und in geringem Maße Hackfrüchten. Die Erträge der betriebsnahen Schläge sind insgesamt höher und stabiler. Problematisch wird das trotz hoher Humus-gehalte auf niedrigem Niveau stagnierende Ertragsniveau gesehen.

Untersuchte Schläge: Die Geschichte der Schläge ergibt für die beiden viehlosen Flächen überdurchschnittliche, positive Humusbilanzen, während die beiden anderen Schläge ausgeglichene Bilanzen aufweisen. Die N-Bilanzen (ohne Berücksichtigung möglicher N-Verluste durch Auswaschung) sind auf allen Schlägen im leicht positiven, durchschnittlichen Bereich. Die von Mangelbereichen bis hin zu Luxuswerten variierenden pH-Werte und Grundnährstoffgehalte weisen auf große Unterschiede in der längerfristigen Schlaggeschichte hin. Kritisch niedrig sind der pH-Wert eines und die Phosphor-Verfüg-barkeit von drei Schlägen. Besonders der Phosphormangel kommt als Begrenzung des Ertragsniveaus in Frage. Die Unterschiede im Getreideertrag werden anscheinend v.a. durch die verschiedene N-Versorgung aufgrund der Bewirtschaftung im Vorjahr (Vorfrucht, Düngung) und den Mineralisationsbedingungen (Zeitraum ohne Bewuchs und Witterung im Winterhalbjahr) erklärt. Sowohl die Nmin-Mengen im Frühjahr als auch die N-Mineralisation im Zeitraum Frühjahr/Sommer liegen auf niedrigem bis mittlerem Niveau und werden v.a. durch die Vorjahresbewirtschaftung, Witterungseinflüsse und die Dauer von Brachephasen beeinflusst. Eine Erhöhung der N-Freisetzung durch gezielte Boden-bearbeitungsmaßnahmen könnte eine Möglichkeit sein, das Ertragsniveau zu steigern.

Organische Substanz: Die OS-Eigenschaften des Standorts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Ungünstige Umsatzbedingungen (Temperatur & Boden).
- OS-Gehalte liegen auf hohem, für die Standorteigenschaften aber normalem Niveau.
- Meist mittlere bis hohe Geschwindigkeit und geringere Effizienz der Umsetzungs-prozesse (geringer Anteil von Pilzen an den Mikroorganismen im Boden).
- Bedingungen für die N-Mineralisation der OS sind mittel bis ungünstig einzuschätzen (mittlere C/N-Verhältnisse und sehr weite C_{mik}/N_{mik}-Quotienten).
- Die biologische Aktivität der OS liegt auf vergleichsweise mittlerem, z.T. hohem Niveau.

Insgesamt sind die Eigenschaften der OS auf B9 meist im durchschnittlichen Bereich angesiedelt. Aufgrund der hohen OS-Gehalte ist jedoch z.B. die absolute mikrobielle Bio-masse im Boden relativ hoch, allerdings in für die N-Mineralisation wenig günstiger Zusammensetzung. Auch die oben erwähnten niedrigen Phosphor-Gehalte können die Eigenschaften der Mikroorganismen im Boden beeinflussen, z.B.: sehr inaktive Mikro-organismengesellschaften, verlangsamter Stoffwechsel und schlechte Energieversorgung der Mikroorganismen sowie geringe Gehalte an Eiweiß und Enzymen.

2.3 Mehrjährige Schadnester in Getreidebeständen

2.3.1 Einleitung und Durchführung

2.3.1.1 Auslöser

Ausgangspunkt dieser Untersuchung waren Berichte von zwei Ökobetrieben über nesterweise auftretende Schäden in Getreide- und vereinzelt auch in Körnerleguminosenbeständen. Die Schäden traten über mehrere Jahre auf und nahmen sowohl in der Fläche als auch in der Schädigung zu. Diverse Untersuchungen auf Initiative der Landwirte hatten bis zum Projektbeginn keine schlüssigen Erklärungen für die Schäden erbracht. Als mögliche Ursache wurde von den Betriebsleitern ein Zusammenhang mit dem Bewirtschaftungssystem nicht ausgeschlossen. Beide Betriebe bauen vor allem Getreide mit weiten Reihenabständen und Leguminosenuntersaaten an. Besonders mit den hohen Mengen eingearbeiteter Pflanzenbiomasse (Stroh & Untersaat) wurde ein Zusammenhang gesehen. Gegen die These, dass der hohe Getreideanteil in der Fruchtfolge problematisch sein könnte, sprach das Fehlen der klassischen pilzlichen Fußkrankheiten und die Schadsymptome bei Körnerleguminosen.

Aus der oben genannten Problembeschreibung und unter Berücksichtigung von Berichten anderer Betriebe über ähnliche Probleme wurde in Zusammenarbeit mit Experten ein Untersuchungskonzept entwickelt. Von Seiten der Wissenschaft konnte insbesondere Dr. Johannes Hallmann vom Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde der BBA in Münster für eine intensive Zusammenarbeit gewonnen werden.

2.3.1.2 Fragestellungen

- Welche Faktoren verursachen mehrjährige und nesterweise auftretende Schäden in Getreidebeständen?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen der Bewirtschaftung und den Schadensursachen?
- Welche Ansätze zur Lösung der Probleme können gefunden werden?

2.3.1.3 Material und Methoden

Soweit nicht anders vermerkt, wurden die Tätigkeiten durch Projektmitarbeiter oder beteiligte Betriebsleiter ausgeführt.

Schläge und Messpunkte: Neben den beiden "Auslöser-Betrieben" wurden mit der Unterstützung von Beratern und Pressemeldungen weitere Ökobetriebe mit ähnlichen Schadsymptomen gesucht. Bei der folgenden Auswahl wurden Betriebe mit Schäden, die nur einmalig aufgetreten waren oder bei denen die Symptome offensichtlich mit einzelnen Managementmaßnahmen oder Bodeneigenschaften in Zusammenhang gebracht werden konnten, nicht berücksichtigt. Auf den neun ausgewählten Betrieben erfolgte dann in den Jahren 2004 bis 2006 die Untersuchung von insgesamt 25 verschiedenen Schlägen bzw. Kulturen mit Schadsymptomen bei der Hauptfrucht Getreide im Untersuchungsjahr

(Ausnahme: 1 Fall Ackerbohnen).

Zur Entnahme von Stichproben wurden zwei möglichst nah beieinander liegende Messpunkte festgelegt - jeweils ein Punkt im geschädigten und ein Punkt im wenig oder ungeschädigten Bereich des Schlags. Im Umkreis von drei Metern um diese Punkte wurden Boden- und Wurzelproben sowie z.T. auch Sprossproben entnommen. Eine Untersuchung mehrerer Wiederholungen war aufgrund des begrenzten Budgets im Projekt und der begrenzten Kapazitäten bei der Nematodenuntersuchung nicht möglich.

Standort-, Betriebs- und Bewirtschaftungsangaben: Die Betriebsleiter wurden nach Angaben zu Fruchtfolge, Düngung, Strohverbleib, Klee-grasmanagement, Ackerzahl und Standortbesonderheiten je Schlag (möglichst für 10 oder mehr Jahre) sowie nach allgemeinen Informationen zum gesamten Betrieb befragt.

Beprobung: Die Entnahme von Bodenproben erfolgte mit ca. 25 Einstichen auf 25 cm an jedem Messpunkt. Auf einem Teil der Schläge wurden Wurzelproben (je Messpunkt ca. 10 Pflanzen) entnommen. Der Transport und die Lagerung von Teilproben für die Nematodenuntersuchung erfolgte gekühlt (8°C). Für chemische und physikalische Bodenparameter wurden lufttrockene Proben verwendet.

Parameterauswahl: Die Boden- und Wurzelproben wurden auf pflanzenparasitäre Nematoden, die Bodenproben zusätzlich auf verfügbare Makro- und Mikronährstoffgehalte analysiert (Tab. 3.1). Die Auswahl dieser Parameter erfolgte aufgrund von Voruntersuchungen zu Beginn des Projekts, die auf eine wahrscheinliche Beteiligung dieser Faktoren an Pflanzenschäden hinwiesen. Die Nährstoffgehalte im Spross wurden nur in Einzelfällen untersucht, da geringe Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial noch keinen Aufschluss über mögliche Ursachen geben (z.B. geringe Bodennährstoffgehalte oder geschädigte Wurzeln) und diese Analysen sehr teuer sind. Die entnommenen Sprossproben wurden jedoch fotografisch dokumentiert.

Tabelle 3.1: Aus Wurzel- und Bodenstichproben analysierte Kenngrößen

Bodenchemische Größen	Nematoden im Boden
pH-Wert	<i>Heterodera avenae</i>
Organische Substanz (OS)	<i>Meloidogyne</i> -Arten
C/N-Verhältnis der OS	<i>Pratylenchus</i> -Arten
verfügbare Nährstoffe:	<i>Trichodorus</i> -Arten
Phosphor (P ₂ O ₅)	<i>Paratylenchus</i> -Arten
Kalium (K ₂ O)	<i>Tylenchorhynchus dubius</i>
Magnesium (Mg)	Nematoden in Wurzeln
Bor (B)	<i>Heterodera avenae</i>
Kupfer (Cu)	<i>Meloidogyne</i> -Arten
Mangan (Mn)	<i>Pratylenchus</i> -Arten
Zink (Zn)	<i>Tylenchorhynchus dubius</i>

Ermittlung physikalischer & chemischer Bodenparameter: Die Bestimmung der Bodenart erfolgte durch eine Fingerprobe (TUM, Bioanalytik Weihenstephan), bei allen anderen Parameter wurden die in Kapitel 2.2.1.4 beschriebenen Methoden verwendet.

Nematodenuntersuchung (durch BBA, Münster, Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde):

- Nematodenextraktion aus 250 ml Boden nach Zentrifugationsmethode mit Hilfe von Magnesiumsulfat (Hooper et al., 2005); Sammlung von Zysten auf einem Sieb mit 250 µm Maschenweite und der Nematoden auf einem Sieb mit 20 µm Maschenweite.
- Extraktion von Nematoden aus Getreidewurzeln durch Auslegen auf eine Sprühanlage über eine Woche und Sammlung der Nematoden (Hooper et al., 2005).
- Bestimmung der Abundanz pflanzenparasitärer Nematoden-Gattungen unter dem Stereomikroskop (Identifizierung einzelner Nematodenarten aus Mischproben).

Feldversuch B2V1:

- Umbruch der Vorkultur Dinkel am 20. Juni 2004. Anlage des Versuchs und Saat (27 cm Reihenweite) der Zwischenfrüchte (Pflanzung von Tagetes) am 03. August.
- Varianten: A: Ackerbohnen-Rübsen-Gemenge (200 / 20 kg/ha), B: Sandhafer der Fa. Petersen (67 kg/ha), C: Ölrettich 'Colonel' (20 kg/ha), D: Tagetes 'Single Gold' (ca. 35 Töpfe/m²), E: Schwarzbrache (Bearbeitung alle 2-3 Wochen).
- Umbruch der Zwischenfrüchte im März 2005, Saat von Sommerweizen Ende April ('Thasos', 54 cm Reihenabstand).
- Parzellengröße 160 m² (Tagetes: 40 m²).
- Bodenprobenahme aus 36 m² (35 Einstiche auf 25 cm) vor Zwischenfruchtsaat und vor Weizensaat (>3 Wochen seit letztem Bewuchs).
- Sprossmassebestimmung der Zwischenfrüchte im November von 0,81 m².
- Sommerweizendrusch mit Parzellenmähdrescher von >7 m².
- Analyse physikalischer und chemischer Bodenparameter und des Nematodenbesatzes wie oben beschrieben.
- Versuchsdesign:

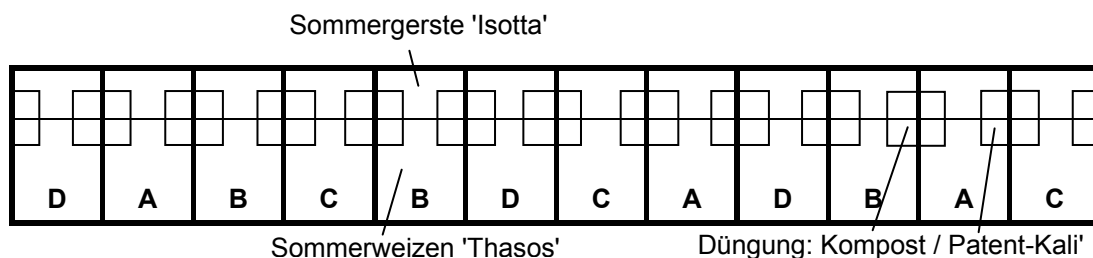
						D		D		
E	A	C	B	A	C	E	C	E	A	B

Feldversuch B2V2:

- Nach Ernte der Vorkultur Dinkel, Pflug und Anlage des Versuchs, Saat der Zwischenfrüchte (27 cm Reihenweite) Ende August 2005.
- Varianten: A: Ackerbohnen-Rübsen-Gemenge (200 / 20 kg/ha), B: Ölrettich 'Colonel' (20 kg/ha), C: Terra Protect (20 kg/ha, Mischung aus Sinapis alba & Brassica juncea zur Biofumigation von Fa. P.H. Petersen, D: Schwarzbrache (Bearbeitung alle 2-3 Wochen).
- Umbruch von Terra Protect Mitte November 2005 und der anderen Zwischenfrüchte im März 2006, Saat von Sommerweizen ('Thasos') und Sommergerste ('Isotta') im April (54

cm Reihenabstand).

- Düngung von Kleinparzellen am 10.05.2006 mit Grüngutkompost (40 t/ha) und Patentkali (50 kg K₂O, 17 kg MgO & 28 kg S/ha).
- Parzellengröße: Zwischenfrüchte 190 m², Sommerweizen 150 m², Sommergerste 50 m², Düngung 9 m².
- Bodenprobenahme in den Großparzellen aus 36 m² (35 Einstiche auf 25 cm) vor Zwischenfruchtsaat und vor Getreidesaat (>3 Wochen seit letztem Bewuchs).
- Sprossmassebestimmung der Zwischenfrüchte im November von 0,81 m².
- Bestimmung des Getreideertrags von ca. 2 m² je Parzellenunterteilung.
- Analyse physikalischer und chemischer Bodenparameter und des Nematodenbesatzes wie oben beschrieben.
- Versuchsdesign:



Feldversuch B17V1:

- Nach Ernte der Vorkultur Winterweizen, Fräse und Anlage des Versuchs, Saat der Zwischenfrüchte (10 cm Reihenweite) am 10.09.2004.
- Varianten: A: Sudangras (nicht aufgelaufen: natürliche Verunkrautung), B: Sandhafer der Fa. Petersen (70 kg/ha), C: Ölrettich 'Colonel' (25 kg/ha), D: Tagetes 'Single Gold' (ca. 30 Töpfe/m²), E: Schwarzbrache (2 Bearbeitungsgänge von Sommer bis Herbst).
- Umbruch der Zwischenfrüchte im Dezember 2004, Saat von Dinkel ('Schwabenspelz') Ende Dezember 2004 (50 cm Reihenabstand).
- Parzellengröße 30 m² (Tagetes 18 m²).
- Bodenprobenahme aus 16 m² (20 Einstiche auf 25 cm) vor Zwischenfruchtsaat und vor Getreidesaat (>3 Wochen seit letztem Bewuchs).
- Sprossmassebestimmung der Zwischenfrüchte im November von 0,3 m².
- Bestimmung des Getreideertrags von ca. 2 m².
- Analyse physikalischer und chemischer Bodenparameter und des Nematodenbesatzes wie oben beschrieben.
- Versuchsdesign:

E	B	C	A	D	E
E	B	C	A	D	E

Gefäßversuch (durch BBA, Münster, Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde):

- Ende März 2006 Anlage eines Gefäßversuchs mit zehn Gefäßen (a'5,3 l Boden) je Variante mit Boden aus Versuch B2V1; Saat von 15 Getreidekörner je Topf ausgedünnt auf 10 Pflanzen.
- Varianten: A-F mit Sommerweizen 'Thasos', A: unbehandelt, B: 4 g Blaukorn® ENTEC® spezial je Gefäß, C: Gedämpft (Muffelofen, 2 Std. 180°C), D: Gefroren (-18°C, 5 Tage), E: Gedämpft + 4 g Blaukorn® ENTEC® spezial je Gefäß, F: 0,035 g Nemathorin / Gefäß (40 kg/ha), G: unbehandelt mit Sommergerste 'Isotta'.
- Bestimmung der Sprossmasse sowie Entnahme von Boden- und Wurzelproben am 05.07.2006.
- Bestimmung vom Nematodenbesatz im Boden und einer Mischprobe der Wurzeln je Variante wie oben beschrieben.

Humus- und N-Bilanzen: Wie in Kapitel 2.2.1.4.

Auswertung: Für eine grobe Einschätzung des jeweiligen Bewirtschaftungssystems und um einen Vergleich mit den anderen im gesamten Projekt untersuchten Betrieben zu ermöglichen wurden für die Betriebe durchschnittliche Humus und N-Bilanzen berechnet. Dabei beruhen jedoch viele Berechnungsgrundlagen auf Schätzungen, so dass die Ergebnisse der Bilanzen nur als grobe Hinweise zu werten sind (siehe auch Beschreibung von Material und Methoden im Anhang). Deutlich negative Bilanzsalden sind ein Zeichen für die Möglichkeit eines langfristigen Abbaus des Humus- bzw. des N-Vorrates im Boden. Stark positive Salden sind hingegen ein Anhaltspunkt für den Zuwachs von Humus- und N-Gehalt, können aber z.B. bei der N-Bilanz auch ein Hinweis auf erhöhte N-Verluste, z.B. durch Nitratverlagerung, sein. Eine Reihe von Experten geht davon aus, dass die hier verwendete Humusbilanzmethode eher zu hohe Salden liefert, anerkannte exaktere Methoden sind zur Zeit jedoch nicht verfügbar.

Für die Ermittlung möglicher Schadensursachen aus der Stichprobenuntersuchung wurden jeweils die Analysenwerte vom geschädigten und vom ungeschädigten Bereich eines Schlages verglichen, sowie das gesamte Niveau bewertet. Beim pH-Wert und den Nährstoffgehalten dienten die Gehaltsklassen der LUFA als Anhaltspunkt. Werte, die in Klasse A oder an der Grenze zu Klasse A lagen, wurden als potentielle Mitursachen für Wachstumsstörungen bewertet. Bei den Nematoden liegen nur für *Heterodera avenae* einigermaßen verlässliche Schadensschwellen vor (z.B. 125 Eier + Larven je 100 ml Boden). Deshalb wurde in dieser Studie für alle untersuchten Gattungen eine aus Literaturergebnissen abgeleitete Grenze von 100 Nematoden pro 100 ml Boden gesetzt, ab der eine mögliche Schädigung berücksichtigt wird. *Trichodorus*-Arten bilden dabei eine Ausnahme, sie wurden bereits ab 50 Tieren pro 100 ml Boden berücksichtigt. Beim Nematodenbesatz der Wurzeln wurden nur die Unterschiede zwischen den Stichproben bewertet. Weiterhin wurde die Schlaggeschichte hinsichtlich möglicher Ursachen der Pflanzenschäden beleuchtet. Eine überbetriebliche Verrechnung bzw. statistische Auswertung wurde nicht vorgenommen, da die Probenahmen auf den Betrieben oft zu unterschiedlichen Zeitpunkten bzw. Stadien des Bewuchses erfolgte und nicht in jedem Fall alle identischen Parameter analysiert werden konnten.

Bei den durchgeführten Versuchen wurde je nach Möglichkeit eine statistisch Auswertung mit Hilfe der Varianzanalyse vorgenommen. Da in den Feldversuchen aus Kapazitätsgründen jedoch nur maximal drei Wiederholungen angelegt werden konnten, war eine Absicherung von Unterschieden, v.a. bei den sehr stark streuenden Nematodengehalten oft schwierig. Bei einzelnen Datensätzen wurden auch Korrelationen analysiert. Für die statistischen Verfahren Varianzanalyse, Korrelationsanalyse und partielle Korrelationsanalyse wurde das Programm SPSS verwendet.

2.3.1.4 Betriebe und Schläge im Überblick

Betriebe: Die ausgewählten Betriebe liegen fast alle im Nordwesten Deutschlands (Abb. 3.1). Die Standortbedingungen sind deshalb – bis auf eine Ausnahme – durch ein relativ warmes und feuchtes Klima mit milden Wintern geprägt (Tab. 3.2). Nur auf Betrieb B13 herrschen deutlich trockenere Bedingungen.

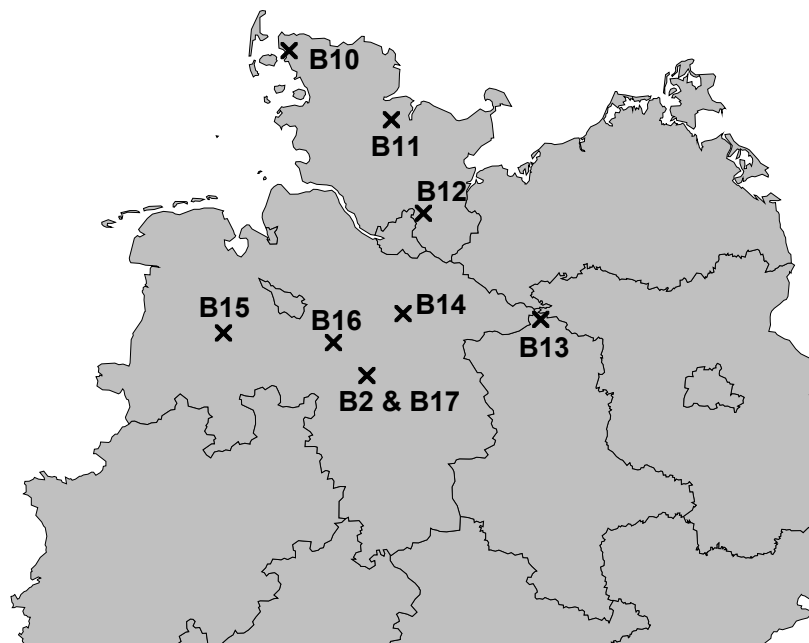


Abbildung 3.1: Geographische Lage der Betriebe B2 und B10 bis B17

Die untersuchten Schläge weisen fast durchweg leichte Böden auf. Die Bodenart variiert nur zwischen schwach lehmigem Sand und sandigem Lehm, mit der einen Ausnahme eines schluffigen Lehms. Die Bodentypen reichen von Niedermoor, Regosol, Podsol, Pseudogley und Gley bis hin zu Braunerde, Parabraunerde und alter Marsch. In vielen Fällen ist das Ausgangsgestein eiszeitlich geprägt. Die Ackerzahlen in Tabelle 3.1 bieten einen zusammenfassenden Überblick über die Standortvoraussetzungen.

Bei der Bewirtschaftung überwiegen bei weitem die viehlosen bzw. vieharmen Systeme mit oft hohen Getreideanteilen (über 60%). Zum Teil wird in Kooperation mit tier-, besonders geflügelhaltenden Betrieben gearbeitet. Nur auf zwei Betrieben werden Rinder gehalten. Hackfrüchte spielen bei drei Betrieben eine größere Rolle (über 10% der

Fläche).

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass der Untersuchung keine für den Ökolandbau repräsentative Umfrage zu Grunde liegt. Aus dem Spektrum der ausgewählten Betriebe kann somit nicht ohne weiteres auf eine besondere Schadensanfälligkeit der entsprechenden Bewirtschaftungssysteme geschlossen werden.

Tabelle 3.2: Ausgewählte Standort- und Bewirtschaftungsmerkmale der neun Betriebe (Fruchtanteile: Betriebsdurchschnitt)

	Betrieb								
	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B2
Höhe [m ü. NN]	2	10	45	20	80	33	15	50	47
Ø Temperatur [°C]	8,0	9,8	8,2	9,5	8,3	10,0	9,7	9,7	9,7
Ø Niederschlag [mm/a]	850	750	750	530	700	750	770	710	710
Ø Ackerzahl	50-75	32-60	22-53	18-30	18-32	18-25	25-60	30-60	20-40
Ökologisch seit	1990	1989	1989	1993	1990	1995	1997	1993	1989
Viehbesatz [GV/ha]	0,0	0,0	0,6	0,2	0,0	0,4 ¹	0,7 ¹	0,0	0,0
Ø Klee grasanteil ² [%]	30	15	40	14	20	0	4	5	10
Ø Getreideanteil [%]	70 ²	70 ³	43	65	40	50	59	65 ³	90 ³
Ø Hackfruchtanteil [%]	0	0	8	1	20	30	12	0	0

¹ GV entsprechend der Düngermenge die v.a. von Kooperationsbetrieben stammt

² Klee grashauptfrucht (Futter & Gründüngung) bzw. andere feinsamige Leguminosen

³ Getreide mit weitem Reihenabstand und Leguminosenuntersaat

2.3.2 Betriebsübergreifende Darstellung und Fazit

2.3.2.1 Symptome

Die im Projekt aufgenommenen Symptome der insgesamt 25 begutachteten Getreidebestände mit Schadnestern waren sehr unterschiedlich. Dies kann u.a. daran liegen, dass die Besuche der einzelnen Betriebe meist zu unterschiedlichen Stadien des Getreides stattfanden (abhängig von der Meldung des jeweiligen Betriebes und vom Zeitrahmen im Projekt). Aus dem Vergleich von Symptomen bei ähnlichen Wachstumsstadien des Getreides und aus den Betriebsleiterangaben kann jedoch auf ein insgesamt weites Spektrum der Symptomausprägung geschlossen werden.

Die beobachteten Symptome variierten von einer leicht helleren Färbung der Pflanzen verbunden mit etwas niedrigerem Wuchs, oft erst im Bestand erkennbar, bis hin zu Totalschäden, d.h. Teilflächen ohne jede Getreidepflanze. Ein Teil der stark geschädigten Bereiche wiesen wüchsige Unkrautbestände auf, bei andere Flächen war auch das Unkraut deutlich geschädigt. Die Schädigungen der Pflanzen ähnelte in den meisten Fällen Symptomen unterschiedlich stark ausgeprägten Nährstoffmangels. Eindeutig identifizierbare Symptome von Krankheiten bzw. Schädlingen wurden hingegen nicht gefunden. Oft erschien der Bestand im geschädigten Bereich sehr unruhig, d.h. es standen auf engem Raum sowohl dunkelgrüne, gut entwickelte Pflanzen als auch kümmerliche und helle Pflanzen nebeneinander. Bei vielen der geschädigten Nester führte eine frühe Beeinträchtigung der Getreidepflanzen zu einer deutlichen Reduzierung der Bestockung. In einigen Fällen traten Schäden jedoch auch erst im Stadium des Schossens bzw. des Ährenschiebens auf.

Auch die Größe der Nester streute in einem sehr weiten Bereich. Bei einzelnen Betrieben mit einer relativ langen Schädigungsgeschichte waren z.T. ganze Schläge beeinträchtigt. Auf den Flächen anderer Betriebe erreichten die Schadnester nur Größen um 100 m². Oft wurde eine Ausdehnung der Schädigung, ausgehend von Bereichen leichteren Bodens, in Bearbeitungsrichtung beobachtet. Insgesamt war somit kein einheitliches Schadbild festzustellen.

2.3.2.2 Ursachen

Wie schon bei den Symptomen sind auch die möglichen Ursachen der Getreideschädigungen sehr vielfältig. Bei der Auswertung der Stichproben von den einzelnen Schlägen wurden eine Reihe von möglichen Faktoren der Wuchsdepressionen identifiziert. Betrachtet man die Häufigkeit, mit der verschiedene Bodennährstoffe als mögliche Schadensursache genannt werden, fallen vor allem Magnesium, Mangan und Kalium durch eine relativ hohe Anzahl auf (Abb. 3.2). Von den pflanzenparasitären Nematoden traten v.a. *Pratylenchus*-Arten, *Tylenchorhynchus dubius* und *Heterodera avenae* häufiger auf. Aus der Übersichtstabelle 3.3 wird deutlich, dass nur selten ein Faktor allein für die Schädigung in Frage kommt (2 Fälle). Dabei muss beachtet werden, dass bei allen Schlägen weitere, nicht geprüfte Einflüsse, wie z.B. Bodenstruktur oder bodenbürtige Krankheiten mit unspezifischen Symptomen, an den Schädigungen beteiligt gewesen sein können. Auf fünf Schlägen kommen nur mehrere Nematodengattungen als Schadensursache in Frage, die Nährstoffanalysen deuten dort auf keine Mangelsituationen hin. In den meisten Fällen (16) weisen die Ergebnisse jedoch auf

mehrere Faktoren sowohl aus dem Bereich Bodennährstoffe, als auch der Gruppe der Nematoden hin.

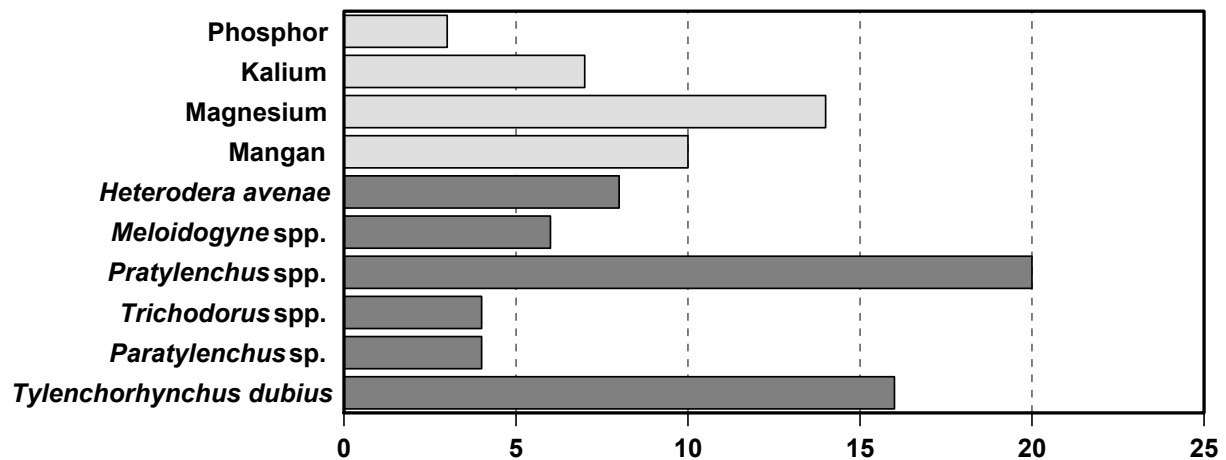


Abbildung 3.2: Häufigkeit, mit der einzelne Parameter (Gehalte an verfügbaren Nährstoffen und pflanzenparasitäre Nematoden) bei der Auswertung von 25 Schlägen als Faktoren der aufgetretenen Wuchsdepressionen in Frage kommen

Das häufig gleichzeitige Auftreten von Unterschieden bei den Nährstoffgehalten und beim Nematodenbesatz (Tab. 3.3) kann verschiedene Ursachen haben. Auf der einen Seite kann dies bedeuten, dass es einen Zusammenhang zwischen den Nährstoffgehalten im Boden und dem Nematodenbesatz gibt. Auf der anderen Seite könnte dies auch ein Zeichen für komplexe Kombinationen von Ursachen sein; d.h. eine Mischung verschiedener Faktoren, wie z.B. hoher Nematodenbesatz und geringe Nährstoffkonzentrationen, führt zu den beobachteten Schäden im Getreide. Auch bei einer Kombinationswirkung ist die gegenseitige Beeinflussung der Faktoren natürlich nicht ausgeschlossen. In einem Feldversuch auf Betrieb B2 (B2V1) konnte ein Zusammenhang des Ursachenkomplexes aus den Faktoren *Heterodera avenae*-Besatz, Kaliumgehalt und Nmin-Menge im Frühjahr mit dem Sommerweizenertrag statistisch nachgewiesen werden (siehe auch S. 163). Eine im folgenden Jahr durchgeführte Kaliumdüngung auf einer Nachbarfläche (Versuch B2V21) hatte jedoch keinen Effekt auf den Getreideertrag. Auch die Ergebnisse aus dem, zur weiteren Identifizierung einzelner Schadursachen angelegten Gefäßversuch mit Boden aus dem Versuch B2V1 warf eher neue Fragen auf, da hier z.B. kein Einfluss von *Heterodera avenae* auf das Getreidewachstum nachgewiesen werden konnte.

Tabelle 3.3: Aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitete, mögliche Ursachen der Getreideschädigungen auf den einzelnen Schlägen

Betrieb	Schlag	Nährstoffe				Nematoden ¹					
		P	K	Mg	Mn	H.a.	Mel.	Prat.	Tri.	Par.	Tyl.
B10	A										
B11	A05										
B11	A06										
B11	B05										
B11	B06										
B11	C										
B11	D										
B12	A										
B12	B										
B13	A										
B13	B										
B14											
B15											
B16											
B17	A										
B17	B										
B2	A										
B2	B										
B2	C										
B2	D										
B2	E										
B2	F										
B2	G										
B2	H										

¹ H.a.: *Heterodera avenae*; Mel.: *Meloidogyne* spp.; Prat.: *Pratylenchus* spp.; Tri.: *Trichodorus* spp.; Par.: *Paratylenchus*-Art; Tyl.: *Tylenchorhynchus dubius*

Die Ergebnisse zeigen, dass in den meisten der untersuchten Fälle die geschädigten Nester im Getreide wahrscheinlich nicht durch einen einfach zu isolierenden Faktor ausgelöst worden sind.

Eine Beeinflussung des Faktors Bodennährstoffe, d.h. eine Anhebung niedriger Nährstoffgehalte im Boden, ist auch im Ökolandbau in vielen Fällen relativ einfach durch gezielte Düngungsmaßnahmen zu erreichen. Die in den untersuchten Beispielen z.T. kritischen Nährstoffe Kalium, Magnesium und Mangan können über organische Düngemittel (z.B. Komposte), im nachgewiesenen Bedarfsfall aber auch über zugelassene spezielle Nährstoffdünger zugeführt werden. Im Fall von nesterweise auftretenden Schäden ist bei der Bestimmung des Nährstoffbedarfs durch Bodenanalysen wichtig, Bodenproben aus geschädigten

und ungeschädigten Bereichen getrennt zu untersuchen. Eventuell ist nur eine Düngung der geschädigten Teilbereiche des Schlages notwendig.

2.3.2.3 Pflanzenparasitäre Nematoden

Während im ökologischen Gemüsebau die Problematik pflanzenparasitärer Nematoden schon seit längerem Beachtung findet, gibt es im Bereich Öko-Ackerbau hierzu derzeit wenig Informationen. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit wird deshalb im Folgenden etwas detaillierter auf den Erkenntnisstand zu den in diesem Projekt untersuchten Nematoden eingegangen.

Allgemeines: Allen hier untersuchten Nematoden gemeinsam ist ihre geringe Größe von ca. 0,3 bis 1,7 mm Länge. Sie sind somit mit bloßem Auge nicht zu erkennen. Die Nematoden können zur Fortbewegung im Boden nur das bestehende Porensystem nutzen und benötigen weiterhin eine ausreichende Bodenfeuchtigkeit, um sich im Wasserfilm, der die festen Bodenbestandteile überzieht, bewegen zu können. Deshalb wird das Vorkommen der genannten Nematoden durch leichte, lockere und feuchte Böden gefördert. Insgesamt sind in den meisten Böden eine Vielzahl von pflanzenparasitären Nematoden enthalten, eine deutliche Schädigung tritt jedoch nur bei einem hohen Besatz auf. Im komplexen System Boden existieren neben den pflanzenparasitären Nematoden auch eine Reihe von Antagonisten (z.B. Pilze oder andere Nematoden), die meist eine starke einseitige Vermehrung verhindern. Ein hoher Nematodenbesatz steht deshalb oft mit speziellen Umwelt- oder Bewirtschaftungsbedingungen in Zusammenhang.

Die in der vorliegenden Studie untersuchten Nematodengattungen können nach ihren biologischen Eigenschaften in unterschiedliche Gruppen unterteilt werden. *Heterodera avenae* und *Meloidogyne*-Arten gehören zu den festsitzenden Nematoden. Nach dem Eindringen in die Pflanzenwurzel leben diese Nematoden in und von der Wurzel und können sie nicht mehr verlassen. Während *H. avenae* nur eine Generation pro Jahr bildet, können es bei *Meloidogyne*-Arten 2 bis 4 sein. Bei *H. avenae* kommt die Besonderheit hinzu, dass abgestorbene Weibchen zu einer derbwandigen Zyste umgebildet werden und die darin enthaltenen Eier über mehrere Jahre überdauern können. *Pratylenchus*-, *Trichodorus*- und *Paratylenchus*-Arten sowie *Tylenchorhynchus dubius* gehören zu den freilebenden oder auch wandernden Nematoden. Sie können nach dem Anstechen bzw. Eindringen in Wurzeln zur Nahrungsaufnahme diese wieder verlassen, sich also frei im Boden bewegen. Freilebende Nematoden bilden meist mehrere Generationen pro Vegetationsperiode und können sich dadurch deutlich schneller vermehren als *H. avenae*. Die hier untersuchten freilebenden Nematoden besitzen keine Dauerformen und sind somit auf ein relativ kontinuierliches Vorhandensein von Wirtspflanzen angewiesen. Während die festsitzenden Nematoden immer vollständig in die Wurzel eindringen (Endoparasiten), stechen die freilebenden Nematoden die Wurzeln meist nur von außen an (Ektoparasiten). Eine Ausnahme bilden hier die *Pratylenchus*-Arten, die auch vollständig in die Wurzel eindringen und diese durchwandern.

Die durch Nematoden hervorgerufenen Spross-Symptome an Kultrupflanzen sind, ähnlich wie auf Seite 122 beschrieben, sehr vielfältige, oft unspezifische Wachstumshemmungen, die z.T. Mangelercheinungen einzelner Nährelemente ähneln. Auch die Anzeichen an den Wurzeln sind oft nicht eindeutig. Selbst bei den Zysten- und Wurzelgallennematoden sind bei Getreide Verwechslungen mit anderen Ursachen leicht möglich. Eine Diagnose vor Ort ist deshalb problematisch. Für sichere Aussagen über den jeweiligen Nematodenbesatz sind Laboranalysen von Boden- bzw. Wurzelproben notwendig. Wichtig ist dabei die Einholung einer genauen Anleitung zur Probenahme, da die Aussagekraft der Ergebnisse wesentlich von der Entnahmemethodik abhängt.

Nematodenarten: Bei der Einschätzung des Schadpotentials eines Nematodenbesatzes ist, über die Bestimmung der Gattungen hinaus, die Kenntnis der entsprechenden Arten z.T. entscheidend, da sich die einzelnen Arten einer Gattung z.B. erheblich in ihrem Wirkkreis oder in ihrem Schadpotential unterscheiden können. Die Untersuchung von Boden und Wurzeln auf Nematoden ist jedoch relativ aufwendig. Nach Extraktion der Nematoden müssen die einzelnen Gattungen bzw. Arten unter dem Mikroskop nach ihrem Erscheinungsbild visuell bestimmt werden.

Im Rahmen des hier beschriebenen Projektes war eine repräsentative Bestimmung der einzelnen Nematodenarten für jede Probe aufgrund der begrenzten Kapazitäten nicht immer möglich. Um trotzdem einen Überblick über die gefundenen Arten zu bekommen wurden Mischproben auf ihre Artenzusammensetzung analysiert (Tab. 3.4). Auffällig ist das häufige Auftreten von *Heterodera trifolii*, einem Kleeschädling, und *Meloidogyne hapla* der auch von Klee bzw. Leguminosen stark vermehrt wird und vor allem Gemüsearten aber auch Kartoffeln schädigt. Ergebnisse über die Bedeutung dieser Nematoden bei Körnerfrüchten im Öko-Ackerbau liegen bisher nicht vor.

Tabelle 3.4: In Mischproben identifizierte Nematodenarten (**fett:** häufig; **grau:** für Getreide nicht relevant)

Gattung	Art
<i>Heterodera</i>	<i>H. avenae</i> , <i>H. trifolii</i>
<i>Meloidogyne</i>	<i>M. naasi</i> , <i>M. hapla</i>
<i>Pratylenchus</i>	<i>P. crenatus</i> , <i>P. neglectus</i> , <i>P. penetrans</i> , <i>P. flakkensis</i> , <i>P. thornei</i>
<i>Trichodorus</i>	<i>T. maximus</i> , <i>T. primitivus</i> , <i>T. vireliferus</i> , <i>T. similes</i> , <i>T. cylindricus</i> , <i>T. quadrifer</i>
<i>Paratylenchus</i>	nicht identifiziert
<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>T. dubius</i>

Nematodensteckbrief: Im Folgenden sind einige wesentliche Informationen zu den wichtigsten der im Rahmen dieses Projektes gefundenen Nematoden zusammengestellt.

Heterodera avenae (Getreidezystennematode) bildet eine Generation pro Jahr. Die Eier überdauern in Zysten. Wirtspflanzen sind vor allem Getreidearten und in geringerem Maße Gräser. Hafer und andere Sommergetreidearten sind besonders empfindlich. Der Schlupf von *H. avenae*-Larven und die Besiedelung von Wirtspflanzen findet meist im

Zeitraum April/Mai statt. Als Schadensschwelle für Sommergerste werden 125 Eier und Larven pro 100 ml Boden genannt. Das Ausmaß der Schädigung hängt jedoch von vielen Umweltfaktoren ab. Gefördert wird *H. avenae* z.B. durch feuchte, kühle Witterung im Frühjahr, besonders wenn diese mit dem Schlupf der Nematoden und der Getreidesaat zusammenfällt. Ein hoher Getreideanteil in der Fruchtfolge (besonders Hafer- und andere Sommergetreide) kann langfristig zu einem hohen Besatz an *H. avenae* führen. Aus Getreidemonokulturen wird aber auch von einem deutlichen Rückgang nach einigen Jahren berichtet, der auf eine Zunahme von Antagonisten zurückgeführt wird. Als Maßnahmen zur Bekämpfung von *H. avenae* werden ein geringer Sommergetreideanteil in der Fruchtfolge (Haferanbaupausen von 5-6 Jahren), der Verzicht auf Gräser in Futtergemengen, die Regulierung von Ungräsern und der Anbau resistenter Getreidesorten (z.B. Sommergerste 'Isotta' oder 'Simba') empfohlen. Letzteres muss jedoch nicht in jedem Fall zum Erfolg führen, da an verschiedenen Standorten z.T. unterschiedliche *H. avenae*-Rassen vorkommen, die sich unterschiedlich gegenüber einzelnen Sorten verhalten können.

Meloidogyne naasi (Gramineen-Wurzelgallennematode) bildet mehrere Generationen pro Jahr. Die Eier überdauern im abgestorbenen Pflanzengewebe bzw. im Boden. Unter den in Deutschland ackerbaulich genutzten Pflanzen sind Getreidearten und Gräser die besten Wirtspflanzen, wobei Hafer kaum befallen wird. Im Frühjahr schlüpfen die *M. naasi*-Larven und besiedeln die Wirtspflanzen. Gefördert wird ein *M. naasi*-Befall v.a. durch feuchte Bodenverhältnisse, auch durch Bewässerung, in der Schlupf- und Besiedelungsphase. Die Vermehrungsrate ist bei Wintergetreide geringer als bei Sommergetreide. Zur Bekämpfung von *M. naasi* wird u.a. der Anbau von Nichtwirtspflanzen (auch Hafer) empfohlen. Es können jedoch auch bei diesen Pflanzen (z.B. Kartoffeln oder Zuckerrüben) Schäden auftreten, eine Vermehrung findet dann aber nicht statt. Weiter Maßnahmen sind eine Brache während der Schlupf- und Besiedelungsphase oder ein Umbruch von Wirtspflanzen nach der Besiedelung durch *M. naasi*.

Pratylenchus-Arten (Wurzelläsionsnematode) bilden fünf bis sechs Generationen pro Jahr und können daher schon im Lauf einer Vegetationsperiode hohe Populationsdichten erreichen. Sie weisen ein weites, z.T. artabhängiges Spektrum an Wirtspflanzen auf. Bei *P. penetrans* sind das z.B. weltweit über 350 verschiedene Pflanzenarten. Bei allen oben genannten, auf den einzelnen Schlägen gefundenen *Pratylenchus*-Arten sind u.a. Getreidearten und Mais bedeutende Wirtspflanzen. Je nach Art kommen noch z.B. Leguminosen, Kartoffeln, diverse Gemüsearten und Unkräuter hinzu. Wintergerste wird im Vergleich zu Winterweizen als empfindlicher eingestuft. Bei Winterraps wird von einer starken *Pratylenchus*-Vermehrung berichtet, von Schäden jedoch erst bei einem sehr hohem Besatz. Die Besiedelung von Wirtspflanzen durch *Pratylenchus*-Arten ist nicht an eine bestimmte "Infektionssaison" gebunden. Ein Beispiel für eine wirtschaftliche Schadensschwelle bei Getreide sind 200 Nematoden pro 100 ml Boden. Da der Befall und die Schadensausprägung aber sehr stark von anderen Faktoren abhängen, lassen sich diese Werte jedoch schlecht verallgemeinern. Als fördernde Einflüsse werden ein ständiger Bewuchs mit Wirtspflanzen, eine geringe Anzahl bzw. Dauer von Brachephase, niedrige pH-Werte und eine frühe Wintergetreidesaat (neue *Pratylenchus*-Generation vor Winter) genannt. Zur Bekämpfung wird z.B. eine vielfältige Fruchtfolge empfohlen, obwohl dies in Anbetracht des sehr weiten Wirtspflanzenspektrums wenig schlüssig ist. Der Anbau von Zuckerrüben (unkrautfrei) und von resistenten Ölrettichsorten kann den Besatz im Boden

reduzieren. Verschiedene *Pratylenchus*-Arten können dabei jedoch unterschiedlich reagieren. Mehrmonatige, konsequente Schwarzbrachen oder unkrautfreie Tagetes-Bestände sind sichere Maßnahmen zur Bekämpfung von *Pratylenchus*-Arten, jedoch im ökologischen Ackerbau wenig praktikabel.

Trichodorus-Arten (Stoppelwurzel-Nematoden) bilden fünf bis sechs Generationen pro Jahr. Der Wirtskreis ist wie bei den anderen freilebenden Nematoden relativ groß. *T. primitivus* befällt z.B. unter anderem Getreide, Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben, Leguminosen und Kohl. *Trichodorus*-Arten sind weiterhin wichtige Überträger von Viruskrankheiten (z.B. Tabak-Rattle-Virus auf Kartoffeln bzw. Zuckerrüben oder pea early browning virus auf Erbsen). Auch diese Nematodengattung hat keine bestimmte "Infektionssaison". Verschiedene Züchter werben mit Ölrettichsorten, die gegen *Trichodorus*-Arten resistent sein sollen. Wissenschaftliche Ergebnisse zum Vorkommen, zur Bedeutung und zu Bekämpfungsmaßnahmen sind jedoch rar. Wie bei allen freilebenden Nematoden ist eine längerfristige, konsequente Schwarzbrache ein wirksames, aber mit Nebenwirkungen verbundenes Mittel zur Reduzierung des Besatzes.

Paratylenchus-Arten sind die kleinsten unter den pflanzenparasitären Nematoden. Auch sie können mehrere Generationen pro Jahr bilden und weisen ein weites Wirtsspektrum auf. Eine Schädigung von Kulturpflanzen ist nur bei einem sehr starkem Besatz zu erwarten. Insgesamt liegen zu dieser Gattung nur sehr wenige Informationen zur wirtschaftlichen Bedeutung in Getreide vor.

Tylenchorhynchus dubius kann mehrere Generationen pro Jahr bilden. Sein weites Wirtsspektrum umfasst u.a. Getreide und Leguminosen. Für das Auftreten von Schäden wird ein Minimum von 1000 Tieren pro 100 ml Boden angegeben. Wie bei den anderen Nematodengattungen ist eine solche Schadensschwelle jedoch mit Vorsicht zu verwenden, da viele weitere Faktoren an der Ausprägung des Schadens beteiligt sein können. Als wirksame Bekämpfungsmaßnahmen konnten nur der Anbau von Korbblütlern (z.B. Ringelblume) und in geringerem Maße resistente Ölrettichsorten und Schwarzbrache ermittelt werden. Aufgrund der bisher gering eingeschätzten wirtschaftlichen Bedeutung sind auch zu dieser Nematodenart nur wenige Informationen verfügbar.

Pathogenkomplexe: Für alle in der vorliegenden Studie untersuchten Nematoden sind jeweils eine Reihe von Interaktionen mit anderen Pathogenen beschrieben. Meist begünstigt dabei ein hoher Nematodenbesatz die Infektion der Wurzeln mit bodenbürtigen Pilzen. Wissenschaftlich untersuchte Beispiele hierfür sind u.a. die Förderung von *Rhizoctonia solani* an Weizenwurzeln durch *Heterodera avenae*-Befall, von *Verticillium* spp. an Kartoffeln durch *Pratylenchus*-Arten und von *Phoma medicaginis* und *Fusarium* spp. an Erbsen durch *Tylenchorhynchus dubius*. Das Auftreten solcher Pathogenkomplexe kann zu deutlich stärkeren Schädigungen führen, als bei einem Befall mit den einzelnen Pathogenen.

Zum Thema Interaktion zwischen verschiedenen pflanzenparasitären Nematodengattungen sind einige Beispiele für eine Konkurrenz beschrieben. So wurde z.B. der Besatz mit *Pratylenchus*-Arten durch einen Befall mit *Heterodera avenae* oder *Meloidogyne naasi* reduziert. In vielen Fällen wurde jedoch bei der Schädigung von Kulturpflanzen eine Kombination mehrerer Nematodengattungen bzw. -arten als Schadensursache identifiziert. So treten z.B. oft mehrere verschiedene *Pratylenchus*-Arten in Kombination mit

Tylenchorhynchus dubius auf.

Von Nematoden verursachte Schadsymptome treten in vielen Fällen zuerst in Bereichen niedriger Nährstoffgehalte im Boden oder bei schlechter Wasserversorgung der Pflanzen auf. Bei der Nematodenvermehrung gibt es unterschiedliche Beobachtungen. Auf der einen Seite wird von höheren Vermehrungsraten bei gestressten Pflanzen (z.B. Nährstoffmangel & Krankheiten) berichtet. Auf der anderen Seite gibt es Beispiele für eine Förderung der Nematodenvermehrung durch optimale Wachstumsbedingungen der Wirtspflanzen.

Fallbeispiel Schleswig-Holstein: Aus Schleswig-Holsteins wird von Schäden in konventionell angebautem Wintergetreide berichtet, die in den letzten 20 Jahren kontinuierlich sowohl in ihrer Intensität als auch in der Fläche zugenommen haben. Wintergerste scheint dabei im Vergleich zu Winterweizen empfindlicher zu reagieren. Als am Schaden ursächlich beteiligt wurden *Pratylenchus*-Arten und *Tylenchorhynchus dubius* identifiziert. Der Anstieg des Nematodenbesatzes im Boden wird mit einem Ursachenkomplex in Zusammenhang gebracht. Ein fördernder Faktor scheint dabei die enge Dauer-Grün-Fruchtfolge aus Winterraps, Winterweizen und Wintergerste zu sein. Der ständige Anbau von Wirtspflanzen ohne lange Brachephasen und mit frühen Saatterminen bietet optimale Vermehrungsbedingungen. Auch die häufig vorkommenden leichten Böden mit weniger als 60 Bodenpunkten und die feuchten Witterungsbedingungen v.a. im Frühjahr und im Herbst können zur Vermehrung der genannten Nematoden beitragen. Ein Einfluss weiterer Effekte, wie z.B. die in den letzten Jahren milder werdenden Winter, ist nicht auszuschließen.

Zur Nematodenreduzierung werden u.a. der Anbau von Feind- oder Neutralpflanzen (z.B. resistenter Ölrettich) oder eine Winterschwarzbrache, bei hohem Besatz auch eine Kombination der Maßnahmen empfohlen. Auch eine gute Rückverfestigung des Bodens und die Vermeidung von Fröhsaaten kann zur Reduzierung der Nematodengehalte bzw. der Schädigungen beitragen.

Diskussion von Nematodenbesatz und Schädigung: Insgesamt sprechen in diesem Projekt bei vielen Fällen die beobachteten Symptome, die ermittelten Analysenergebnisse über den Nematodenbesatz sowie die Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen für eine Beteiligung pflanzenparasitärer Nematoden an den jeweiligen Schädigungen im Getreide.

Deutlich und relativ einfach ist der Zusammenhang zwischen dem *Heterodera avenae*-Besatz und dem Getreideanteil in der Fruchtfolge. Alle Schläge mit hohen *H. avenae*-Gehalten in den Schadnestern wiesen Getreideanteile von 75% oder mehr auf, in vielen Fällen mit einem hohen Anteil an Sommergetreide. Auch die geschädigten Flächen mit hohem *Meloidogyne*-Arten-Besatz lagen in der Mehrzahl auf Schlägen mit einem Getreideanteil zwischen 70 und 90%. Bei einzelnen Flächen, die bei einem Getreideanteil von 60% hohe *Meloidogyne*-Gehalte aufwiesen, ist es möglich, dass nicht *M. naasi* gefunden wurde, sondern andere, nicht getreidespezifische *Meloidogyne*-Arten. Eine Artbestimmung war nicht in jedem Einzelfall möglich. Für die beiden feststehenden Nematoden *H. avenae* und *M. naasi* mit ihrem relativ engen Wirtspflanzenspektrum zeigt sich somit die große Bedeutung der Anbauanteile bestimmter Hauptfrüchte in der Fruchtfolge.

Die innerhalb der Gruppe der freilebenden pflanzenparasitären Nematoden große

Bedeutung von *Pratylenchus*-Arten und *Tylenchorhynchus dubius* in der norddeutschen Region wurde mit den durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Zur Erklärung des Auftretens hoher Besatzdichten freilebender Nematoden konnten die in der Literatur beschriebenen Zusammenhänge beitragen. Anders als bei der Dauer-Grün-Fruchtfolge konventioneller Betriebe (Raps-Weizen-Gerste) ist bei den untersuchten Öko-Flächen wohl v.a. der intensive Anbau von Untersaat- bzw. Zwischenfruchtgemengen für hohe Vermehrungsraten dieser Nematoden verantwortlich. Diese, mit geringen Brachephase verbundene Bewirtschaftung ermöglicht den Nematoden eine Vermehrung während der kompletten Vegetationsdauer und bei milder Witterung auch des Winters. Bei den untersuchten Schlägen wurden jedoch in Einzelfällen auch schwer erklärbare Ausnahmen ermittelt. So lagen die *Pratylenchus*-Gehalte auf Betrieb B13 trotz relativ langer Brachephase und dem Fehlen von Untersaaten und Zwischenfrüchten sowie eines relativ trockenen Standortes z.T. auf hohem Niveau.

Das häufige Auftreten von Kombinationen mehrerer Nematodengattungen bzw. -arten kann zur Erklärung der z.T. relativ starken Schädigungen in Relation zum Besatz mit einzelnen Nematodenarten beitragen. Aber auch die oben erwähnten Pathogenkomplexe, die im Rahmen der Studie nicht untersucht werden konnten, können hierfür eine wichtige Ursache sein.

In vielen Fällen scheint das Auftreten von Schadsymptomen auch mit niedrigen Nährstoffgehalten im Boden zusammenzuhängen. Düngungsmaßnahmen bieten sich somit zur Schadensbegrenzung an, zumindest in gewissen Grenzen. Aus den langjährigen Untersuchungen in Schleswig-Holstein muss jedoch der Schluss gezogen werden, dass eine Düngung zwar z.T. kurzfristig Schäden reduziert, langfristig aufgrund der besseren Entwicklung gut mit Nährstoffen versorgter Pflanzen die Vermehrung der Nematoden jedoch fördert, so dass das Problem nur aufgeschoben wird, da bei hohem Nematodenbesatz auch gut versorgte Bestände geschädigt werden.

Diskussion von Lösungsansätzen: Wie in der Literatur berichtet konnte durch den Anbau einer *Heterodera avenae*-resistenten Sommergerstensorte das Ertragsniveau im Vergleich zum geschädigten Sommerweizen deutlich erhöht werden.

Die durchgeführten Feldversuche zur Reduzierung freilebender Nematoden bestätigten z.T. die empfohlenen Bekämpfungsmaßnahmen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. So konnte der Besatz mit freilebenden Nematoden durch konsequente Schwarzbrache (8-10 Monate) deutlich gesenkt werden. Allerdings traten wie erwartet hohe Nitratverluste durch Auswaschung auf, Verluste anderer mobiler Nährstoffe werden vermutet. Anders als im konventionellen Landbau, wo Nährstoffverluste durch Mineraldünger ersetzt werden können, ist eine Schwarzbrache im Ökolandbau nur im Notfall zu empfehlen. Mit dem unkrautfreien Anbau der Nematodenfeindpflanze *Tagetes* konnten *Pratylenchus*-Arten und *Tylenchorhynchus dubius* deutlich reduziert werden. Für die öko-

logische Ackerbaupraxis ist diese Maßnahme jedoch aufgrund des hohen Aufwandes und der Unkrautproblematik wohl nicht geeignet. Durch den Anbau der nachgewiesener Maßen gegen den Rübenzystennematoden *Heterodera schachtii* resistenten Ölrettichsorte 'Colonel' wurden nur die *Pratylenchus*-Arten in zufrieden stellendem Maße bekämpft. Eine umfassende Prüfung nematodenresistenter Arten und Sorten wäre sinnvoll, um für die, in der Praxis vorkommenden Nematoden-Kombinationen jeweils die richtige Kultur wählen zu können.

2.3.2.4 Zusammenfassung / Fazit

Ursachen von Schadnestern: Nesterweise Schädigungen in ökologisch angebautem Getreide können vielfältige Ursachen haben, die z.T. nur schwer zu identifizieren sind. Neben extremen, auch schon lang zurückliegenden Bewirtschaftungseinflüssen (z.B. Mieten- oder Lagerplätze) können niedrige Nährstoffgehalte im Boden an den Schädigungen beteiligt sein. Unter bestimmten Standortvoraussetzungen sind auch pflanzenparasitäre Nematoden eine mögliche Ursache von Wachstumsstörungen bei Getreide. Voraussetzung sind meist sandige, leichte Böden (Ackerzahl < 60) und eine ausreichende Bodenfeuchte. Auch ein ausgeglichenes mildes Klima scheint die Nematoden zu fördern. Die Pflanzenschäden können durch das Auftreten von Pathogenkomplexen aus Nematoden und Bodenpilzen (z.B. *Rhizoctonia*- und *Pythium*-Arten) verstärkt werden. Erste Symptome treten vermehrt bei schon gestressten Pflanzen, z.B. durch niedrige Boden-Nährstoffgehalte, auf. Bei Nematodenarten mit engem Wirtspflanzenkreis, wie *Heterodera avenae* und *Meloidogyne naasi*, ist eine Zuordnung zu aufgetretenen Schäden oft einfacher als bei den freilebenden mit breitem Wirtskreis (z.B. *Tylenchorhynchus dubius*, *Pratylenchus*- & *Trichodorus*-Arten). Über die allgemeine wirtschaftliche Bedeutung nesterweise auftretender Schädigungen im Öko-Ackerbau gibt es derzeit keinen Überblick, in wenigen Einzelfällen sind jedoch extrem starke Schäden dokumentiert.

Vorgehen bei Schadnestern: Beim mehrjährigen Auftreten von nesterweisen Schädigungen in Getreidebeständen ist ein schrittweises Vorgehen sinnvoll.

Erstens sollten die geschädigten Pflanzen auf charakteristische Symptome von Krankheiten oder Schädlingen geprüft werden.

Bei unspezifischen Symptomen ist im nächsten Schritt eine Analyse der Bodengegebenheiten und der Schlaggeschichte empfehlenswert, um damit zusammenhängende Schadursachen (z.B. Bodenstruktur, Unterbodeneigenschaften, Mietenplatz, extreme Bodenbearbeitung) ausschließen zu können.

Wenn sich der geschädigte Bereich über mehrere Jahre ausdehnt und die Schäden zunehmen oder schon in einem wirtschaftlich bedeutsamen Bereich liegen, sollten im dritten Schritt vergleichende Untersuchungen von Bodenproben aus geschädigten und ungeschädigten Bereichen des Schlages auf Bodennährstoffe erfolgen. Bei Verdacht auf Nährstoffmangel bzw. entsprechenden Analyseergebnissen sollten Düngungsmaßnahmen erst auf Kleinparzellen im geschädigten Bereich geprüft werden.

Ist die Fläche ausreichend mit Nährstoffen versorgt oder erbringt eine Düngung nicht die gewünschte Besserung, ist im vierten Schritt eine Prüfung auf Nematodenbefall sinn-

voll. Hierfür ist eine spezielle Entnahme von Boden- und Wurzelproben notwendig, die nach Rücksprache mit einem Experten (z.B. von einem Labor das Nematoden untersucht) erfolgen sollte. Bei einem hohen Nematodenbesatz können dann geeignete Gegenmaßnahmen gewählt und getestet werden.

Bekämpfung von Nematoden: Ein Erhöhtes Auftreten von *Heterodera avenae* und *Meloidogyne naasi* ist aufgrund ihres engen Wirtsspektrums meist auf die Fruchtfolgegestaltung zurückzuführen. Eine Reduzierung des Getreideanteils (v.a. Sommergetreide) und bei *H. avenae* der Anbau von resistenten Getreidesorten kann hier Abhilfe schaffen. Andere Maßnahmen, wie eine Frühjahrsbrache bzw. ein Umbruch besiedelter Jungpflanzen (Fangpflanzenverfahren), sind nur bei extremem Befall zu empfehlen.

Die verschiedenen Gattungen und Arten der freilebenden Nematoden reagieren zum großen Teil unterschiedlich auf einzelne Bekämpfungsmaßnahmen wie z.B. den Anbau resistenter Zwischenfrüchte, Brachephasen oder eine Auflockerung der Fruchtfolge. Eine möglichst genaue Bestimmung der beteiligten Nematoden ist deshalb wichtige Voraussetzung für die Wahl der Maßnahmen. Insgesamt ist diese Gruppe von Nematoden im Öko-Ackerbau als problematisch anzusehen, da sie durch eine möglichst ständige Bodenbedeckung – einem Ideal des Ökolandbaus – gefördert wird. Weiterhin ist auch eine Bekämpfung der Nematoden mit mehrmonatigen Brachephasen sowohl vom Nährstoffhaushalt her als auch aus Sicht des Umwelt- bzw. Trinkwasserschutzes nicht akzeptabel. Bisher sind nur wenige eindeutig wirksame Maßnahmen gegen freilebende Nematoden bekannt, die sich gut ins Ökolandbausystem integrieren lassen. Eine wichtige Fragestellung ist auch, ob der häufige Anbau vielfältiger Gemenge besonders gut zur Vermehrung von Nematoden beiträgt und somit eine vielfältige Fruchtfolge unterschiedlicher, in Rein- und Mischsaat angebaute Fruchte aus Sicht der Nematodenproblematik evtl. besser geeignet wäre.

Auf empfindlichen Standorten (leichte Böden, feuchtes Klima bzw. Beregnung, niedrige Nährstoffgehalte) sollte besonders darauf geachtet werden, Bewirtschaftungssysteme zu etablieren, die nicht nematodenvermehrend wirken: z.B. Zwischenfrüchte (z.B. resistenter Ölrettich) statt Untersaatengemenge; keine Frösaaten von Wintergetreide; gute Unkrautregulierung; keine extrem hohen Anteile einer Fruchtart in der Fruchtfolge.

Insgesamt sollte die Nematodenproblematik im Öko-Ackerbau intensiv beobachtet werden, um ihre pflanzenbauliche und ökonomische Bedeutung besser einschätzen zu können und eine mögliche Ausdehnung frühzeitig zu erkennen. Besonders die zu erwartenden Änderungen im Klima und die Etablierung neuer Bewirtschaftungssysteme im Ökolandbau könnten zu Änderungen in der Bedeutung der pflanzenparasitären Nematoden beitragen.

2.3.3 Individuelle Betriebsauswertung

2.3.3.1 Betriebsübersicht	Seite
B10: Seit 15 Jahren ökologisch; günstige Klima- & Bodenbedingungen (lehmig-sandig, Ackerzahl 50-75); viehloser Betrieb; hoher Klee grasanteil; Getreide in weiter Reihe mit Leguminosenuntersaat; keine organische Düngung; hohes Ertragsniveau.	135
B11: Seit 17 Jahren ökologisch; günstige Klima- & sehr heterogene Bodenbedingungen (sandig, lehmig, tonig, Ackerzahl 30-60); viehloser Betrieb; wenig Klee grasgründung; Getreide in weiter Reihe mit Leguminosenuntersaat & Körnerleguminosenproduktion; keine Düngung; hohes Getreide-Ertragsniveau.	139
B12: Seit 17 Jahren ökologisch; günstige Klima- & mäßigen Bodenbedingungen (sandig, lehmig-sandig, Ackerzahl 20-50); gemischte Tierhaltung (0,55 GV/ha); hoher Klee grasanteil; vielfältige Marktfruchtproduktion; eigene Wirtschaftsdünger; mittleres Getreide-Ertragsniveau.	145
B13: Seit 13 Jahren ökologisch; trocken-warme Klima- & ungünstige Bodenbedingungen (sandig, lehmig-sandig, Ackerzahl 18-30); Rinderhaltung (0,15 GV/ha); niedriger Klee grasanteil; Getreide- & Körnerleguminosenproduktion; eigene Wirtschaftsdünger; niedriges Getreide-Ertragsniveau.	150
B14: Seit 16 Jahren ökologisch; günstige Klima- & ungünstige Bodenbedingungen (sandig, Ackerzahl 18-32); viehloser Betrieb; mittlerer Klee grasanteil; Getreide mit Kleeuntersaat, Körnerleguminosen- & Kartoffelproduktion; keine Düngung; mittleres Getreide-Ertragsniveau.	155
B15: Seit 11 Jahren ökologisch; günstige Klima- & ungünstige Bodenbedingungen (sandig, Ackerzahl 18-25); Legehennenhaltung (eigen + Kooperation: 0,43 GV/ha); kein Klee grasanbau; Getreide in weiter Reihe mit Kleeuntersaat, Körnerleguminosen- & Kartoffelproduktion; Hühnertrockenkot; niedriges Getreide-Ertragsniveau.	159
B16: Seit 9 Jahren ökologisch; günstige Klima- & unterschiedlichen Bodenbedingungen (sandig, lehmig, Ackerzahl 25-60); Kooperation Legehennenhalter (Kooperation + Düngerimport: 0,7 GV/ha); etwas Klee anbau; Getreide mit Kleeuntersaat, Körnerleguminosen- & Kartoffelproduktion; Hühnertrockenkot & Pferdemist; mittleres Getreide-Ertragsniveau.	163
B17: Seit 13 Jahren ökologisch; günstige Klima- & unterschiedlichen Bodenbedingungen (sandig, lehmig, Ackerzahl 30-60); viehloser Betrieb; wenig Klee grasgründung; Getreide in weiter Reihe mit Kleeuntersaat, Raps- & Körnerleguminosenproduktion; Gärsubstrat (seit 2004); niedriges Getreide-Ertragsniveau.	167
B2: Seit 17 Jahren ökologisch; günstige Klima- & ungünstige Bodenbedingungen (sandig, Ackerzahl 40); viehloser Betrieb; wenig Klee grasgründung; Getreide in weiter Reihe mit Leguminosenuntersaat & Körnerleguminosenproduktion; keine Düngung; niedriges Getreide-Ertragsniveau.	172 & 67

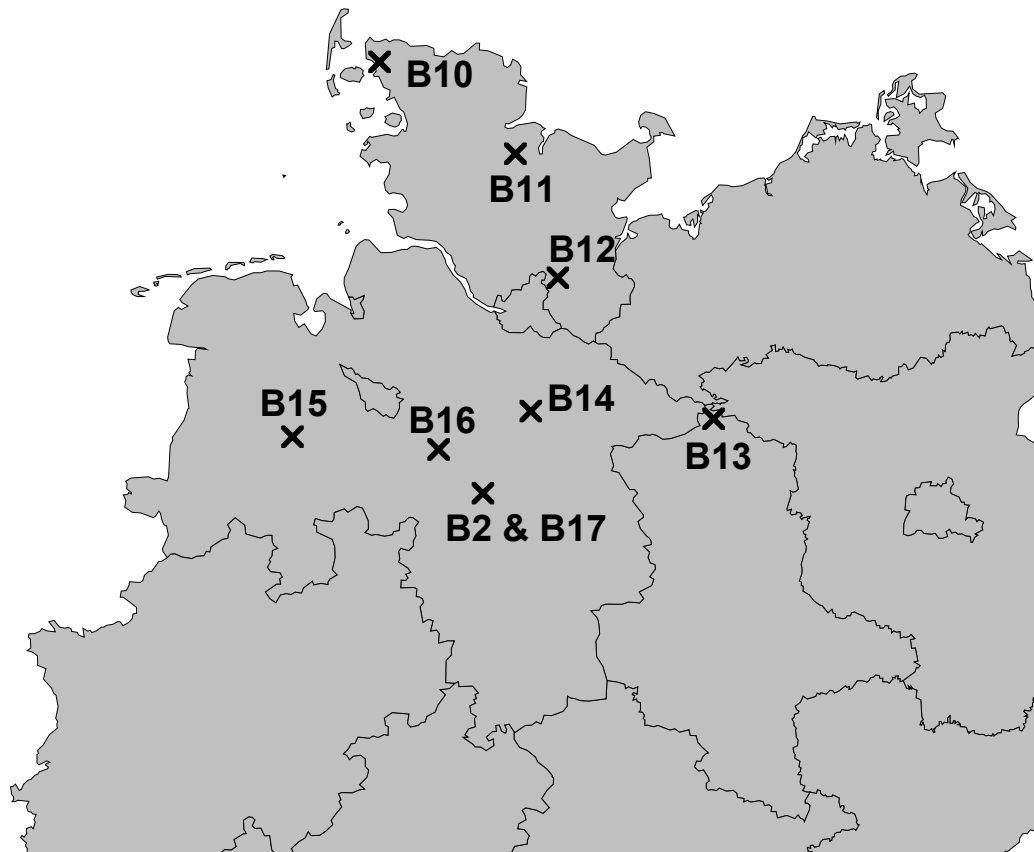


Abbildung 3.3: Geographische Lage der Betriebe B2 und B10 bis B17 (Norddeutschland)

2.3.3.2 Gliederung der einzelnen Betriebskapitel

Betriebsbeschreibung: Stichwortartige Beschreibung von Standort, Betriebsstruktur, Betriebsgeschichte und Ackerbausystem.

Untersuchte Schläge: Beschreibung der untersuchten Schläge und tabellarische Darstellungen der Ergebnisse.

Kurzbeschreibung & Problemanalyse: Kurzbeschreibung des Betriebs, Bewertung der Bewirtschaftung, Auswertung und Diskussion der Untersuchungsergebnisse sowie Lösungsansätze.

Betriebsbeispiel 10 (B10)

Betriebsbeschreibung

➤ Standort (Schleswig-Holstein)

Höhe: ca. 2 m ü. NN

Niederschlag: Ø 850 mm/a

Temperatur: Ø 8,0°C

Bodenart: sandiger Lehm

Bodentypen: alte Marsch

Ackerzahl: 50-75

Gefälle: Eben

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke, Ampfer

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerfuchsschwanz

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 380 ha Ackerland

Schlaggröße: Ø 10 ha

Schlagentfernung: Ø 0,8 km

Betriebszweige: Ackerbau

Arbeitskräfte: 1,5 AK

➤ Betriebsgeschichte

Vor Umstellung: reiner Ackerbau (Getreide, Raps)

Umstellungsjahr: 1990

➤ Ackerbau

Grundbodenbearbeitung: Pflug (20 cm)

Düngung: keine; Stroh bleibt auf der Fläche

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Saat: 41 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Hackfräse

Stoppelbearbeitung: keine

Fruchtfolge:

Kleegras-Gründüngung
W.Weizen US ¹
S.Weizen / Hafer / Dinkel US

¹ Leguminosen-Untersaat

Anbauumfang: Durchschnittliche Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten (keine Angaben zum Ertragsniveau)

Frucht	Flächenanteil [%]
Kleegras-Gründüngung	30
W.Weizen US ¹	30
Dinkel US ¹	20
S.Weizen US ¹	10
Hafer US ¹	10

¹ Leguminosen-Untersaat

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Über mehrere Jahre nesterweise auftretende Schadstellen in Getreidebeständen.
- Wachstumsprobleme an sandigen Stellen in trockenen Jahren.

Untersuchter Schlag

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Schlag	A
Ackerzahl	50
Bodentyp	alte Marsch
Bodenart	sandiger Lehm
Umstellungsjahr	1990
Langfristige Bewirtschaftung (8 Jahre vor Untersuchung)	
Gründüngung ¹ [%]	37
Körnerleguminosen [%]	-
Getreide [%]	63
Hackfrüchte [%]	-
Untersaaten [%]	63
Ø Düngung [t/ha*a]	-
N-Versorgung ² [kg/ha*a]	120
N-Bilanz [kg/ha*a]	45
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	280
Kurzfristige Bewirtschaftung	
Vorvorfrucht	S.Weizen
Vorfrucht	Kleegras-Gründüngung
untersuchte Frucht	W.Weizen
Ertrag ³ [dt/ha]	45
Beprobung	19.05.2005

¹ Kleegras

² N-Zufuhr (Leguminosen & Düngung) je nichtlegumer Marktfrucht

³ Ertragsschätzung des Betriebsleiters

pH-Wert und Bodengehalte sowie Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden
(in 100 ml) **an den beiden Messpunkten** (Zur Probenahme keine Schäden sichtbar.
Einschätzung nach Betriebsleiter: Schäden: ↓, besser: ↑):

Messpunkt	↓	↑		↓	↑
pH	5,3	5,6	<i>Heterodera avenae</i>	- ¹	-
P ₂ O ₅ [mg/100g]	19	16	<i>Meloidogyne spp.</i>	0	0
K ₂ O [mg/100g]	7	8	<i>Pratylenchus spp.</i>	16	4
Mg [mg/100g]	12	14	<i>Trichodorus spp.</i>	16	20
Organische Substanz [%]	2,2	2,4	<i>Paratylenchus spp.</i>	0	0
C/N	10,6	10,7	<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	152	100
Cu [mg/kg]	3,6	2,8			
Mn [mg/kg]	48	32			
Zn [mg/kg]	6,2	5,2			

¹ Nicht relevant / nicht bestimmt

Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1990 ökologisch wirtschaftender, viehloser Betrieb mit günstigen Klima- und Bodenbedingungen (lehmig-sandige Marschböden, Ackerzahl ca. 50-75) sowie hohem Ertragsniveau. Ein hoher Klee gras-Gründungsanteil in der Fruchtfolge und der intensive Anbau von Leguminosenuntersaaten im Getreide mit weitem Reihenabstand ist die Basis für die Getreideproduktion. Organische Dünger werden nicht eingesetzt. Die Geschichte des untersuchten Schlags ergibt hohe Überschüsse bei der N-Bilanz und der Humusbilanz. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je Getreidefrucht liegt mit 120 kg N/ha auf hohem Niveau. In Verbindung mit der warmen Winterwitterung und hohen Niederschlagsmengen kann das hohe N-Niveau trotz der großen Wasserhaltefähigkeit des Bodens v.a. bei Wintergetreide zu relevanten N-Verlusten durch Nitrat-Auswaschung führen. Eine deutliche Bindung von N-Überschüssen im Humus ist aufgrund der umsatzfreudigen Standortbedingungen kaum zu erwarten.

Problemanalyse: In den zurückliegenden Jahren wurden auf mehreren Schlägen des Betriebes nesterweise auftretende Schäden im Getreide beobachtet. Auf dem 2005 untersuchten Schlag traten auf einer Seite in Bearbeitungsrichtung streifenweise Schäden im angebauten Winterweizen auf. Die geschädigten Pflanzen waren kleiner, heller und standen lückiger als im Rest des wüchsigen Bestandes.

Sowohl der pH-Wert als auch die Nährstoffgehalte lagen an den beiden Messpunkten (geschädigter und ungeschädigter Bereich) auf mindestens ausreichendem Niveau und können für die deutlichen Schäden im Winterweizen nicht verantwortlich gemacht werden. Auch die Nematodengehalte im Boden geben keinen Hinweis auf eine deutliche Schadsache. Allerdings wurden die Weizenwurzeln hier nicht auf Nematoden analysiert. Dies kann v.a. bei der sich frei zwischen Wurzel und Boden bewegenden Gattung *Pratylenchus* zu einer Fehleinschätzung führen. Die Bodengehalte weisen daraufhin, dass *Tylenchorhynchus dubius* zu leichten Schäden beigetragen haben könnte.

Eine mögliche Ursache des schlecht stehenden Weizenstreifens sind die Saatbedingungen im Vorjahr. Die Saat musste aufgrund einsetzenden Regens unterbrochen werden und wurde danach auf einem Teil des Schlages bei deutlich feuchteren Bodenbedingungen fortgesetzt.

Insgesamt sollte, besonders auf den leichteren Böden des Betriebs, auf Schadnester geachtet werden, die sich über mehrere Jahre ausdehnen. Das Bewirtschaftungssystem mit seinen langen Grünphasen (Getreide mit Untersaaten ohne Stoppelbearbeitung und Klee gras-Gründüngung) in Verbindung mit der warmen Winterwitterung und den hohen Niederschlagsmengen kann zu einer Förderung pflanzenparasitärer Nematoden führen.

Betriebsbeispiel 11 (B11)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Schleswig-Holstein)

Höhe: ca. 10 m ü. NN

Niederschlag: Ø 750 mm/a

Temperatur: Ø 9,8°C

Bodenart: 33% lehmiger Sand, 33% sandiger Lehm, 33% bis Ton

Bodentypen: Braunerde, Parabraunerde

Ackerzahl: 32-60 (33% 32-45, 33% 52-54, 33% 45-62)

Gefälle: Eben, z.T. geringe Hangneigung

Wichtige Wurzelunkräuter: Distel

Wichtige einjährige Unkräuter: Kornblume, Wicke, Vogelmiere, Klettenlabkraut, Windhalm

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 402 ha Ackerland, 30 ha Grünland, 35 ha Wald

Schlaggröße: Ø 12 ha

Schlagentfernung: 200 ha arrondiert, 200 ha Ø 4,5 km

Betriebszweige: Ackerbau, Vermietung, Großhandel

Arbeitskräfte: 2,2 AK (Ackerbau)

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: reiner Ackerbau

Umstellungsjahr: 1989 (viehlos seit 1994)

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (25 cm), Ø 1x pro Jahr

Düngung: Kalk (3-4 t/ha alle drei Jahre), P und K punktuell um Verbleib in Versorgungsstufe B zu gewährleisten; Stroh bleibt auf der Fläche

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Saat: Scheibenschar, Getreide und Körnerleguminosen 30 cm Reihenabstand; Klee gras und Zwischenfrüchte 12 cm Reihenabstand

Mech. Pflege: Marktfrüchte Hacke und Striegel

Ernte & Aufbereitung: eigener Drusch; Trocknung, Vorreinigung und Lagerung

Stoppelparbeitung: Scheibenegge, Scheibengrubber, Gänsefußschargrubber

Fruchtfolgen: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolgen, die in wechselnden Anteilen auf wechselnden Flächen angebaut werden

AZ 30
Kleegras-Gründung
W.Weizen US ¹ / S.Weizen US
Hafer US
Dinkel US
Hafer US / Ackerbohnen-Erbсен-Gemenge

¹ Weißklee-Untersaat

Anbauumfang: Durchschnittliche Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten (bis 2005, variiert zwischen den Jahren!); das durchschnittliche Betriebs-Ertragsniveau (Marktflechterträge/gesamte Fläche) liegt bei 23-25 dt/ha, Ziel sind 30-35 dt/ha

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Kleegras-Gründung		15
W.Weizen US ¹	50	15
S.Weizen US	35	8
Dinkel US	42	27
Hafer US	52	20
Körnerleguminosen	38	15

¹ Weißklee-Untersaat, bei Nichtgelingen (20%) Zwischenfrucht Senf & Sommerwicken

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Über mehrere Jahre nesterweise auftretende Schadstellen in Getreidebeständen.
- Distel- und Kornblumenverunkrautung.
- Hoher Kraftstoffbedarf (4 l / dt Getreide).

Bewertung des Systems: Derzeitige Fruchtfolge ermöglicht hohe Fruchtfolgeleistung (44 dt/ha). In Zukunft wird der Kleegrasanteil durch Betriebskooperation gesteigert und Häufeltechnik verwendet.

Untersuchte Schläge

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Schlag	A	B	C	D
Ackerzahl	40-52	54	54	42-54
Bodentyp	Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde
Bodenart	humos schwach lehmiger Sand bis stark lehmiger Sand	humos stark lehmiger Sand bis h. schwach lehmiger Sand	humos stark lehmiger Sand bis schluffiger Lehm	stark lehmiger Sand, teilw. humos
Umstellungsjahr	1989	1989	1989	1989
Langfristige Bewirtschaftung (12 Jahre vor Untersuchung)				
Gründüngung ¹ [%]	17	17	25	17
Körnerleguminosen [%]	8	8	-	-
Getreide [%]	75	75	75	83
Hackfrüchte [%]	-	-	-	-
Untersaaten [%]	60	60	60	66
Zwischenfrüchte [%]	15	15	15	17
Ø Düngung ² [t/ha*a]	-	-	-	-
N-Versorgung ³ [kg/ha*a]	90	90	100	80
N-Bilanz [kg/ha*a]	25	15	25	15
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	160	160	220	165
Kurzfristige Bewirtschaftung				
Vorvorfrucht	S.Weizen	W.Weizen	Dinkel	Dinkel
Vorfrucht	Hafer	Dinkel	Kleegras	Hafer
untersuchte Frucht	Dinkel 05&06	05 Hafer 06 Dinkel	W.Weizen	Dinkel
Ertrag ⁴ [dt/ha]	34 / 38	52 / 46	55	38
Beprobung	18.05.2005	18.05.2005	30.05.2006	30.05.2006

¹ Kleegras

² organische Düngemittel

³ N-Zufuhr (Leguminosen & Düngung) je nichtlegumer Marktfrucht

⁴ Ertragsschätzung des Betriebsleiters

Besonderheiten im Untersuchungsjahr: Schlag A: auf ca. 0,5 ha Kümmerwuchs auf kiesigem Untergrund; Schlag B: z.T. anmoorig, z.T. 25-28% Ton, schwer zu bearbeiten; Schlag D: steinig, z.T. sehr tonig, z.T. kiesig anmoorig mit Ortsstein

pH-Wert und Bodengehalte an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A 05		A 06		B 05		B 06	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
pH	5,8	5,7	6,1	6,3	6,3	6,3	6,2	6,3
P ₂ O ₅ [mg/100g]	9	7	8	14	11	12	7	11
K ₂ O [mg/100g]	10	16	9	19	8	9	9	12
Mg [mg/100g]	4	7	4	6	16	17	17	20
Organische Substanz [%]	3,1	2,8	2,4	2,7	3,6	4,0	3,7	3,8
C/N	12,8	10,8	11,7	9,8	12,3	12,2	12,0	11,2
B [mg/kg]	-	-	0,4	0,6	-	-	0,9	0,9
Cu [mg/kg]	1,0	1,2	0,8	1,3	1,0	1,5	1,2	1,3
Mn [mg/kg]	7	26	7	57	38	58	52	50
Zn [mg/kg]	1,4	1,4	0,7	1,2	0,9	1,6	1,0	1,4

Schlag	C		D	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑
pH	6,2	6,7	5,6	5,8
P ₂ O ₅ [mg/100g]	9	10	8	9
K ₂ O [mg/100g]	7	8	10	12
Mg [mg/100g]	14	14	6	6
Organische Substanz [%]	4,1	2,8	2,9	3,3
C/N	12,5	10,1	12,1	12,0
B [mg/kg]	0,9	0,6	0,5	0,5
Cu [mg/kg]	0,9	1,3	1,2	1,2
Mn [mg/kg]	47	103	22	19
Zn [mg/kg]	1,6	1,4	1,0	0,9

Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (in 100 ml) und in Wurzeln (in 10 g Wurzel-Frischmasse) an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A 05		A 06				B 05		B 06			
Boden / Wurzeln	Boden		Boden		Wurzeln		Boden		Boden		Wurzeln	
Messpunkt	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑
<i>Heterodera avenae</i>	104	84	66	72	0	0	1816	216	728	30	21	0
<i>Meloidogyne spp.</i>	24	0	8	0	0	0	0	4	0	0	0	0
<i>Pratylenchus spp.</i>	224	80	40	0	423	423	136	88	0	48	42	347
<i>Trichodorus spp.</i>	8	8	24	0	- ¹	-	80	0	0	0	-	-
<i>Paratylenchus spp.</i>	0	32	16	0	-	-	8	24	0	0	-	-
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	168	48	128	112	96	58	48	112	32	240	0	20

¹ Nicht relevant / nicht bestimmt

Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (Fortsetzung)

Schlag	C				D			
Boden / Wurzeln	Boden		Wurzeln		Boden		Wurzeln	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
<i>Heterodera avenae</i>	8	0	0	-	92	129	-	0
<i>Meloidogyne spp.</i>	0	0	0	-	16	0	-	0
<i>Pratylenchus spp.</i>	160	16	404	-	56	64	-	212
<i>Trichodorus spp.</i>	80	0	- ¹	-	48	16	-	-
<i>Paratylenchus spp.</i>	0	0	-	-	0	0	-	-
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	96	24	0	-	296	256	-	19

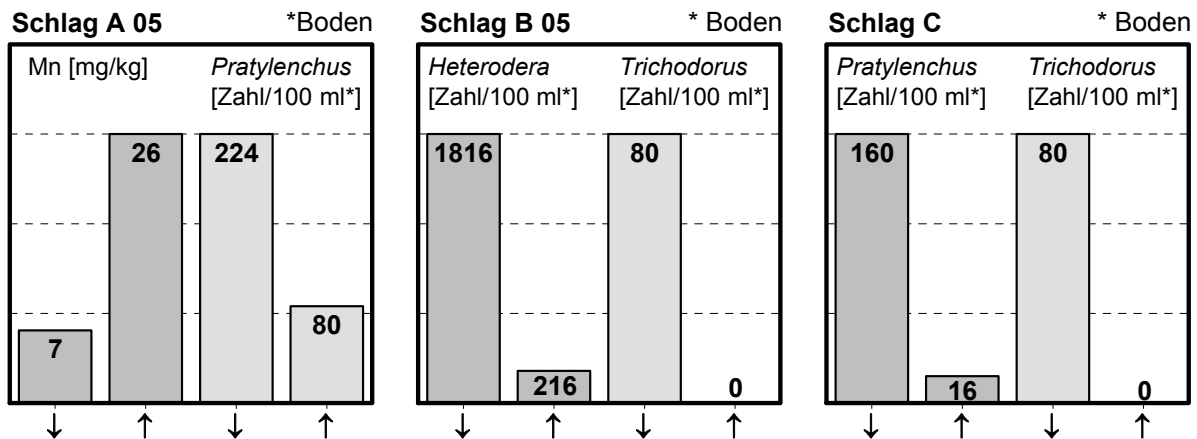
¹ Nicht relevant / nicht bestimmt

Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1989 ökologisch und seit 1994 viehlos wirtschaftender Betrieb, mit günstigen Klima- und sehr unterschiedlichen Bodenbedingungen (sandige, lehmige & tonige Böden, Ackerzahl ca. 30-60) sowie hohem Ertragsniveau. Der intensive Anbau von Leguminosen-untersaaten im Getreide mit weitem Reihenabstand und ein relativ geringer Klee-gras-Gründungsanteil in der Fruchtfolge sind Basis für die intensive Körnerfruchtproduktion (70% Getreide & 15% Körnerleguminosen). Organische Dünger wurden bisher nicht eingesetzt. Die Geschichte der untersuchten Schläge ergibt leicht positive N-Bilanzen und deutlich positive Humusbilanzen. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je Getreidefrucht liegt mit 80 bis 100 kg N/ha auf relativ hohem Niveau. Relevante N-Verluste durch Nitrat-Auswaschung sind in Verbindung mit der warmen Winterwitterung, den hohen Niederschlagsmengen und dem hohen N-Niveau v.a. bei Wintergetreide auf den sandigen Bereichen von Schlägen zu erwarten.

Problemanalyse: In den zurückliegenden Jahren wurden auf mehreren Schlägen des Betriebes nesterweise auftretende Schäden im Getreide beobachtet. Auf den 2005 und 2006 untersuchten Schlägen traten unterschiedliche Symptome auf. Während auf den Schlägen A und D die Pflanzen nester- bzw. bereichsweise stark geschädigt waren (kleiner, heller, lückig bis hin zum Totalausfall), wiesen die beeinträchtigten Pflanzen auf den Schlägen B und C nur relativ geringe Schäden auf (etwas heller, geringere Wuchshöhe).

Sowohl der pH-Wert als auch die meisten Nährstoffgehalte lagen an den je Schlag untersuchten zwei Messpunkten (geschädigter ↓ und ungeschädigter Bereich ↑) auf mindestens ausreichendem Niveau. Die Nährstoffe P, K und Mg erreichten zwar z.T. nur den unteren Bereich der Versorgungsstufe B, können jedoch nicht für die starken Schäden im Getreide verantwortlich gemacht werden. Nur der sehr niedrige Mn-Gehalt am Punkt A↓ kann mit den starken Mangelercheinungen zusammenhängen. Hinzu kamen dort auch hohe Gehalte der Nematodengattung *Pratylenchus*, die auf eine Beteiligung an der Schädigung hinweisen. Auch auf anderen Schlägen waren relativ hohe Gehalte dieser Nematodengattung zu verzeichnen.



Auf allen Schlägen mit Ausnahme von Schlag C wurde auch eine hohe Zahl an Getreidezistennematoden (*Heterodera avenae*, Larven & Eier) gefunden. Bei Schlag B unter Hafer war der Unterschied zwischen ↓-Punkt und ↑-Punkt am stärksten ausgeprägt. Auch die schon in geringer Zahl schädigenden *Trichodorus*-Arten kamen in den geschädigten Bereichen einzelner Schläge (B & C) häufiger vor. Bei den *Paratylenchus*-Arten und *Tylenchorhynchus dubius*, die z.T. auch in erhöhten Besatzdichten vorkamen, wird von Schädigungen meist erst bei deutlich höheren Gehalten ausgegangen.

Die jeweiligen Schadsymptome in den Getreidebeständen wurden anscheinend schlag-spezifisch von verschiedenen Faktoren (Nematoden, Nährstoffe) verursacht. Die Schädigung durch Nematoden war dabei in Bereichen mit niedrigen Nährstoffgehalten im Boden besonders ausgeprägt.

Lösungsansätze: Schaffung optimaler Wachstumsbedingungen durch z.B. Ausbringung von makro- und mikronährstoffhaltigen Düngemitteln; Verringerung des Getreideanteils (v.a. Sommergetreide) in der Fruchtfolge und/oder Anbau von *Heterodera avenae*-resistenten Getreide-Sorten; Umbruch von Untersaaten im Sommer und Anbau *Pratylenchus*-reduzierender Zwischenfrüchte (z.B. Ölrettich).

Betriebsbeispiel 12 (B12)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Schleswig-Holstein)

Höhe: ca. 40 – 50 m ü. NN

Niederschlag: Ø 750 mm/a

Temperatur: Ø 8,2°C

Bodenart: 70% Sand, 30% lehmiger Sand

Bodentypen: Braunerden

Ackerzahl: 22-53, Standort I Ø 28, Standort II Ø 42

Gefälle: 80% eben, 20% leicht hängig

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke

Wichtige einjährige Unkräuter: Franzosenkraut

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 225 ha Ackerland, 175 ha Grünland

Schlaggröße: Ø 3 ha

Schlagentfernung: Ø 1,5 km

Betriebszweige: Ackerbau, Gemüsebau, Milchkühe, Fleischrinder, Schweinemast, Schafe, Gänse (0,55 GV/ha)

Arbeitskräfte: 4 AK (nur Ackerbau)

Besonderheiten: 100 ha Wasserschutzgebiet

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: 15 Jahre reiner Ackerbau, davor Gemischtbetrieb

Umstellungsjahr: 1989

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (18-22 cm), Ø 7x pro 10 Jahre

Düngung: ca. 30 t Mist/ha alle 3 Jahre

Saatbettbereitung: Packer, Saatbettkombination, Drillmaschine

Saat: Scheibenschar, 10 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Striegel

Stoppelparbeitung: Grubber, Scheibenegge

Fruchtfolge: Zielfruchtfolge

Kleegras-Futter
Kleegras-Futter
S.Weizen, Hafer, W.Roggen US ¹
Hafer, S.Gerste, W.Roggen ZF ²

¹ Kleegras-Untersaat

² Zwischenfrucht

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Kleegras-Futter		40
W.Roggen	32	20
Hafer	50	9
S.Gerste	30	9
S.Weizen	40	5
Erbse / Ackerbohne		7
Kartoffeln		4
Mais		4
Gemüse		2

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Über mehrere Jahre nesterweise auftretende Schadstellen in Getreidebeständen.
- Das Ziel des sehr flachen Pflügens im Frühjahr ist mit einem herkömmlichen Pflug schwierig.

Untersuchte Schläge

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Schlag		A	B
Ackerzahl		28	24-32
Bodentyp		Braunerde-	Braunerde
Bodenart		schw. lehmiger Sand	schw. lehmiger Sand
Umstellungsjahr		1989	1993
Langfristige Bewirtschaftung (8 Jahre vor Untersuchung)			
Klee gras-Futter	[%]	25	25
Körnerleguminosen	[%]	13	12
Getreide	[%]	50	63
Kartoffeln	[%]	12	-
Untersaaten	[%]	25	31
Zwischenfrüchte	[%]	25	32
Ø Düngung ¹	[t/ha*a]	2,5 M	6,3 M
N-Versorgung ²	[kg/ha*a]	75	135
N-Bilanz	[kg/ha*a]	15	60
Humus-C-Bilanz	[kg/ha*a]	100	370
Kurzfristige Bewirtschaftung			
Vorvorfrucht & Düngung ¹		Klee gras-Futter	Klee gras-Futter
Vorfrucht		Klee gras-Futter	Klee gras-Futter
untersuchte Frucht		Hafer	Roggen
Ertrag ³	[dt/ha]	38	32
Beprobung		19.05.2005	19.05.2005

¹ Stallmist (M)

² N-Zufuhr (Leguminosen & Düngung) je nichtlegumer Marktfrucht

³ Ertragsschätzung des Betriebsleiters

pH-Wert und Bodengehalte an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag		A		B	
Messpunkt		↓	↑	↓	↑
pH		7,1	6,2	7,2	5,8
P ₂ O ₅	[mg/100g]	123	29	120	28
K ₂ O	[mg/100g]	6	9	7	12
Mg	[mg/100g]	1	1	1	2
Organische Substanz	[%]	2,1	1,7	3,1	2,3
C/N		11,1	11,0	12,0	12,1
Cu	[mg/kg]	7,7	6,0	8,7	6,9
Mn	[mg/kg]	3	16	2	19
Zn	[mg/kg]	2,6	3,4	3,8	5,6

Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (in 100 ml) an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

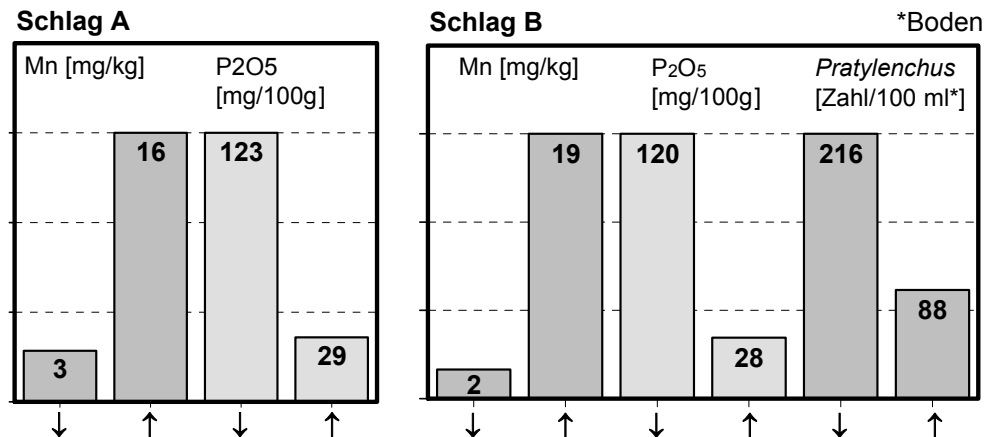
Schlag	A		B	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑
<i>Heterodera avenae</i>	0	0	16	4
<i>Meloidogyne spp.</i>	0	64	8	0
<i>Pratylenchus spp.</i>	80	24	216	88
<i>Trichodorus spp.</i>	0	16	0	0
<i>Paratylenchus spp.</i>	20	0	4	8
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	16	32	76	80

Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1989 ökologisch wirtschaftender Gemischtbetrieb (0,55 GV/ha), mit günstigen Klima- und unterschiedlichen, im Durchschnitt wenig günstigen Bodenbedingungen (sandige, lehmig-sandige Böden, Ackerzahl ca. 20-50) sowie mittlerem Ertragsniveau. Der hohe Anteil an Klee gras-Futter in der Fruchtfolge und die Mistdüngung sind Basis einer vielfältigen Marktfruchtproduktion (davon ca. 43% Getreide). Die aus der Geschichte der untersuchten Schläge berechneten Humus- und N-Bilanzen weisen je nach Hackfruchtanteil geringe bis große Überschüsse auf. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je Getreidefrucht liegt mit 75 bis 135 kg N/ha auf relativ hohem Niveau. Relevante N-Verluste durch Nitrat-Auswaschung sind in Verbindung mit der warmen Winterwitterung, den hohen Niederschlagsmengen, den leichten Böden und dem hohen N-Niveau v.a. bei Wintergetreide zu erwarten.

Problemanalyse: In den zurückliegenden Jahren wurden auf einzelnen Schlägen des Betriebes nesterweise auftretende Schäden im Getreide beobachtet. Auf den beiden untersuchten Schlägen (A & B) traten unterschiedliche Symptome auf. Während auf dem Schlag A der Hafer im geschädigten Bereich v.a. durch die hellere zu Gelb tendierende Farbe und die schlafferen Blätter auffiel, wiesen die beeinträchtigten Roggenpflanzen auf Schlag B neben der helleren Farbe eine deutlich niedrigere Wuchshöhe und eine geringere Bestandesdichte auf.

An beiden Schlägen können die insgesamt sehr niedrigen Mg-Gehalte zu Störungen bei der Pflanzenernährung geführt haben. Die großen Unterschiede zwischen den zwei untersuchten Messpunkten (geschädigter ↓ und ungeschädigter Bereich ↑) bei P und Mn waren auf beiden Schlägen zu erkennen. Während die ↓-Punkte niedrige Mn- und extrem hohe P-Gehalte aufwiesen, ist es an den ↑-Punkten umgekehrt. Die niedrigen Mn-Gehalte an den ↓-Punkten können durch die dort erhöhten pH-Werte mit ausgelöst sein. Auf Schlag B kamen im geschädigten Bereich noch erhöhte Gehalte an *Pratylenchus*-Arten hinzu. Die Besatzdichte der anderen untersuchten Nematoden ist nicht auffällig.



Die jeweiligen Schadsymptome in den Getreidebeständen wurden anscheinend vor allem durch extreme Bodenunterschiede ausgelöst. Nach einer Recherche in der länger zurückliegenden Betriebsgeschichte konnte herausgefunden werden, dass vor mehreren Jahrzehnten auf einzelnen Schlägen Klärschlammnieten gelagert wurden. Ein Nährstoffaustrag in den Boden ist wahrscheinlich die Ursache der z.T. extrem hohen Konzentrationen bzw. dem unausgewogenen Nährstoffverhältnis. Andere, hier nicht untersuchte Einflüsse auf den Boden, die eine schädigende Wirkung auf die Pflanzen haben können, sind nicht auszuschließen.

Lösungsansätze: Soweit sich die geschädigten Bereiche auf den Schlägen nicht ausdehnen und so auf z.B. eine stärkere Schädigung durch Nematoden hinweisen, sind direkte Maßnahmen nicht notwendig.

Betriebsbeispiel 13 (B13)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Sachsen-Anhalt)

Höhe: ca. 20 m ü. NN

Niederschlag: Ø 530 mm/a

Temperatur: Ø 9,5°C

Bodenart: Sand (90%) bis lehmiger Sand

Bodentypen: Niedermoorböden, Regosol, Podsol

Ackerzahl: 18-30

Gefälle: Eben

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke

Wichtige einjährige Unkräuter: Windhalm, Hederich, Weißer Gänsefuß,
Ackerstiefmütterchen

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 467 ha Ackerland, 153 ha Grünland, 25 ha Wald

Schlaggröße: Ø 15 ha

Schlagentfernung: 1,2 km

Betriebszweige: Ackerbau (u.a. Saatgut), Milchvieh mit Nachzucht (ca. 0,15 GV/ha)

Arbeitskräfte: 5 AK (Ackerbau)

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: Ackerbau (Getreide, Lupinen, Erbsen, Kartoffeln)

Umstellungsjahr: 1993

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (25 cm), Ø 1x pro Jahr

Düngung: Stallmist & Jauche, Vinsasse, Kalk, PK-Dünger (keine Mengenangaben)

Saatbettbereitung: Feingrubber mit Walze

Saat: Schleppschar (4,5 m), 18 cm Reihenabstand

Mech. Pflege: Striegel und Hacke

Stoppelparbeitung: Flügelschargrubber

Fruchtfolgen: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolgen, die in wechselnden Anteilen auf wechselnden Flächen angebaut werden

Süßlupine
W.Getreide (Roggen, Triticale, wenig Weizen)
S.Getreide (Roggen-Hafer-Gemenge, Gerste)
Seradella-Gründüngung / Kartoffeln
W.Getreide
W.Getreide / Buchweizen

Anbauumfang: Durchschnittliche Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Seradella-Gründüngung		14
Süßlupinen	14	20
W.Roggen	17	40
S.Roggen / Hafer	15	10
Triticale	-	10
Hafer	-	5
Kartoffeln	-	1

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Über mehrere Jahre nesterweise auftretende Schadstellen in Getreidebeständen.
- Zunehmende Hederichverunkrautung.
- Langfristig sinkende N-Nachlieferung des Bodens.

Bewertung des Systems: Ökonomisch gute Zukunftsaussichten.

Untersuchte Schläge

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Schlag	A	B
Ackerzahl	25	28
Bodentyp	-	-
Bodenart	schw. lehmiger Sand	schw. lehmiger Sand
Umstellungsjahr	1993	1993
Langfristige Bewirtschaftung (11 Jahre vor Untersuchung)		
Gründüngung ¹ [%]	0	0
Körnerleguminosen [%]	27	27
Getreide & Buchweiz. [%]	73	64
Hackfrüchte [%]	-	9
Untersaaten [%]	-	-
Ø Düngung ² [t/ha*a]	2,7 M	2,7 M & 0,3 V
N-Versorgung ³ [kg/ha*a]	25	40
N-Bilanz [kg/ha*a]	0	10
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	-20	-55
Kurzfristige Bewirtschaftung		
Vorvorfrucht & Düngung ²	W.Roggen	W.Roggen 1,6 V
Vorfrucht	Lupinen	Lupinen
untersuchte Frucht	W.Roggen	Triticale
Ertrag ⁴ [dt/ha]	18	12
Beprobung	18.07.2005	18.07.2005

¹ Seradella

² Stallmist (M), Vinasse (V)

³ N-Zufuhr (Leguminosen & Düngung) je nichtlegumer Marktfrucht

⁴ Ertragsschätzung des Betriebsleiters; Schlag B Frostscha-

pH-Wert und Bodengehalte an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A		B	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑
pH	6,5	5,8	6,6	5,9
P ₂ O ₅ [mg/100g]	26	14	14	13
K ₂ O [mg/100g]	7	5	6	5
Mg [mg/100g]	2	3	9	4
Organische Substanz [%]	2,1	2,1	2,6	2,6
C/N	13,5	15,2	16,8	18,9
Cu [mg/kg]	1,2	1,1	1,3	1,3
Mn [mg/kg]	10	9	7	4
Zn [mg/kg]	2,7	3,1	2,6	2,0

Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (in 100 ml) und in Wurzeln (in 10 g Wurzel-Frischmasse) an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A				B			
Boden / Wurzeln	Boden		Wurzeln		Boden		Wurzeln	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
<i>Heterodera avenae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meloidogyne spp.</i>	8	0	978	0	0	4	353	0
<i>Pratylenchus spp.</i>	64	8	1956	133	48	36	4147	11729
<i>Trichodorus spp.</i>	0	12	-	-	12	0	-	-
<i>Paratylenchus spp.</i>	0	8	8	0	84	24	0	0
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	0	56	0	0	44	32	0	21

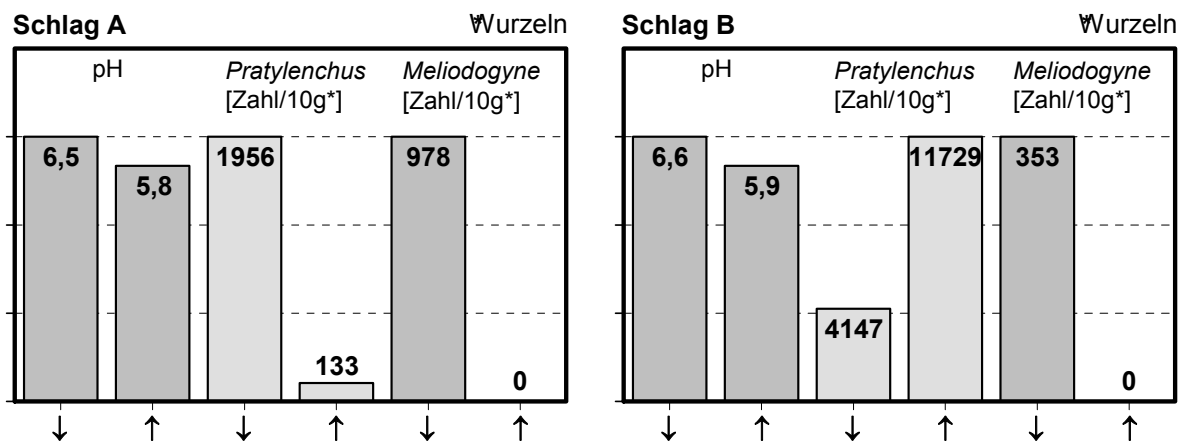
¹ Nicht relevant / nicht bestimmt

Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1993 ökologisch wirtschaftender vieharter Betrieb (0,15 GV/ha), mit warmem, aber sehr trockenem Klima- und ungünstigen Bodenbedingungen (sandige, lehmig-sandige Böden, Ackerzahl ca. 18-30) sowie niedrigem Ertragsniveau. Der niedrige Anteil an Klee gras-Futter in der Fruchtfolge, die geringen Mengen an eigenen Wirtschaftsdüngern und die Zufuhr von Vinasse bilden zusammen die Basis der extensiven Getreide- und Lupinenproduktion. Die Geschichte der untersuchten Schläge ergibt bestenfalls ausgeglichene N-Bilanzen und leicht negative Humusbilanzen. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je Getreidefrucht liegt mit 25 bis 40 kg N/ha auf niedrigem Niveau. Relevante N-Verluste durch Nitrat-Auswaschung sind trotz der leichten Böden aufgrund der geringen Niederschlagsmengen und des niedrigen N-Niveaus nur in Einzelfällen, z.B. bei Wintergetreide und warmer Herbst- und Winterwitterung zu erwarten.

Problemanalyse: In den zurückliegenden Jahren wurden auf einzelnen Schlägen des Betriebes nesterweise auftretende Schäden im Getreide beobachtet. Auf den beiden untersuchten Schlägen (A & B) traten unterschiedliche Symptome auf. Während in einem relativ scharf begrenzten Randbereich des Roggenbestandes auf Schlag A im dichten Unkraut kaum noch Getreidepflanzen zu finden waren, wies der beeinträchtigte Bereich im Triticalebestand auf Schlag B fließende Übergänge auf. Die Schädigung der Triticalepflanzen zeigte sich in einer deutlich niedrigeren Wuchshöhe, einer geringeren Bestandesdichte und dem sehr geringen Ährenansatz.

Auf beiden Schlägen können die insgesamt sehr niedrigen Mn- und Mg-Gehalte zu Störungen bei der Pflanzenernährung geführt haben. Die im Vergleich zu den ungeschädigten Bereichen (↑) jeweils deutlich höheren pH-Werte an den Schadnestern (↓) können mit einer geringeren Verfügbarkeit einzelner Nährstoffe (z.B. Mn & P) zusammenhängen. Während im Boden keine auffällig hohen Nematodengehalte erkennbar waren, lag in den Wurzeln der Besatz mit *Pratylenchus*-Arten und *Meloidogyne naasi* außergewöhnlich hoch. Der hohe *Pratylenchus*-Gehalt an Punkt B↑ kann damit erklärt werden, dass diese Nematoden während der Vegetationszeit von geschädigten zu noch nicht geschädigten Pflanzen wandern können. Die stärksten Symptome sind somit nicht in jedem Fall mit dem höchsten Nematodenbesatz verbunden.



Die Schadsymptome in den Getreidebeständen können hier von einem Ursachenkomplex aus Bodeneigenschaften und verschiedenen Nematoden ausgelöst worden sein. Überraschend ist bei den langen Phasen ohne Bewuchs und den trockenen Witterungsverhältnissen auf dem Betrieb der hohe Besatz mit *Pratylenchus*-Arten. Auch der starke Befall mit *Meloidogyne naasi* trotz nur durchschnittlichem Getreide- bzw. Gräseranteil in der Fruchtfolge ist schwer erklärbar.

Lösungsansätze: Soweit sich die geschädigten Bereiche auf den Schlägen nicht ausdehnen sind direkte Maßnahmen nicht notwendig. Eine Zufuhr Mn- und Mg-haltiger Düngemittel könnte zu einer höheren Stabilität im Pflanzenbau führen.

Betriebsbeispiel 14 (B14)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Niedersachsen)

Höhe: ca. 80 m ü. NN

Niederschlag: Ø 700 mm/a

Temperatur: Ø 8,3°C

Bodenart: Sand

Bodentypen: Podsol, Podsol-Gley, Pseudogley-Braunerde, Podsol-Braunerde

Ackerzahl: 18-32, Ø 24

Gefälle: 80% eben, 20% leicht hängig

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke

Wichtige einjährige Unkräuter: Knöterich, Weißer Gänsefuß, Hederich

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 100 ha Ackerland

Schlaggröße: Ø 10 ha

Schlagentfernung: Ø 1 km

Betriebszweige: Ackerbau

Arbeitskräfte: 1,5 AK

Besonderheiten: Beregnung

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: reiner Ackerbau, 20% Hackfrucht

Umstellungsjahr: 1990

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (20-25 cm), Ø 1x pro Jahr

Düngung: Patentkali bzw. Patent-PK (1,5 dt/ha und a)

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Saat: Scheibenschar, 12 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Striegel, Häufler & Reihengrubber bei Kartoffeln

Stoppelbearbeitung: Kurzscheibenegge, Grubber

Fruchtfolge: Zielfruchtfolge

Frühjahrskleegras-Gründung
Dinkel US ¹
S. Gerste
Lupine / Erbse, ZF ²
Kartoffeln

¹ Rotklee

² Zwischenfrucht

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Kleegras GD		20
Dinkel	32	20
S. Gerste	35	20
Lupinen/Erbсен	25/30	20
Kartoffeln	250	20

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Über mehrere Jahre nesterweise auftretende Schadstelle auf einem Schlag.
- System langfristig stabil?

Bewertung des Systems: System läuft; in Zukunft ist eine höhere Intensität geplant (Hühnertrockenkot oder PPL); ökonomisch gute Zukunftsaussichten.

Untersuchter Schlag

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Ackerzahl	26
Bodentyp	Podsol-Braunerde
Bodenart	schwach lehmiger Sand
Umstellungsjahr	2002
Langfristige Bewirtschaftung (5 Jahre vor Untersuchung)	
Gründüngung ¹ [%]	20
Körnerleguminosen [%]	20
Getreide [%]	60
Hackfrüchte [%]	-
Untersaaten [%]	20
Zwischenfrüchte [%]	20
Ø Düngung ² [t/ha*a]	-
N-Versorgung ³ [kg/ha*a]	75
N-Bilanz [kg/ha*a]	10
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	120
Kurzfristige Bewirtschaftung	
Vorvorfrucht & Düngung ²	S.Gerste
Vorfrucht	Dinkel
untersuchte Frucht	S.Gerste
Ertrag ⁴ [dt/ha]	
Beprobung	17.05.2005

¹ Erbsen

² organische Düngemittel

³ N-Zufuhr (Leguminosen) je nichtlegumer Marktfrucht

⁴ Ertragsschätzung des Betriebsleiters; keine Angaben

pH-Wert und Bodengehalte und Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (in 100 ml) **an den beiden Messpunkten** (Zur Probenahme keine Schäden sichtbar).

Auswahl von zwei Messpunkten in Schadnesterbereich der Vorjahre: A & B):

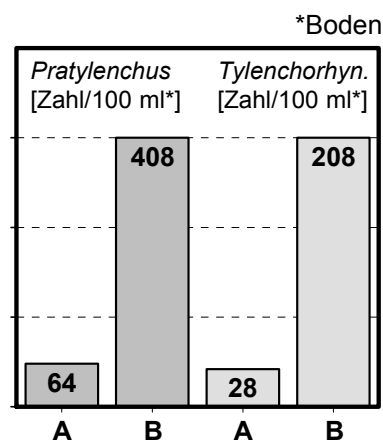
Messpunkt	A	B		A	B
pH	6,2	6,0	<i>Heterodera avenae</i>	0	0
P ₂ O ₅ [mg/100g]	17	14	<i>Meloidogyne spp.</i>	0	0
K ₂ O [mg/100g]	3	3	<i>Pratylenchus spp.</i>	64	408
Mg [mg/100g]	3	4	<i>Trichodorus spp.</i>	12	12
Organische Substanz [%]	1,7	2,0	<i>Paratylenchus spp.</i>	0	0
C/N	12,3	12,9	<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	28	208
Cu [mg/kg]	1,7	2,6			
Mn [mg/kg]	13	53			
Zn [mg/kg]	6,8	5,9			

Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1990 ökologisch wirtschaftender, viehloser Betrieb, mit relativ günstigen Klima- und ungünstigen Bodenbedingungen (sandige Böden, Ackerzahl ca. 18-32) sowie mittlerem Ertragsniveau. Die Mischung aus dem Anbau von Klee gras-Gründung und Kleeuntersaaten in Getreide bilden zusammen die Basis der Marktfruchtproduktion (Getreide, Körnerleguminosen & Kartoffeln). Die Geschichte des untersuchten Schlages ergibt leicht positive Humus- und N-Bilanzen. Allerdings wurden im ausgewerteten Zeitraum keine Kartoffeln angebaut. Unter Einbeziehung des Kartoffelanbaus ist mit negativen Humusbilanzsalden zu rechnen. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je nichtlegumer Marktfrucht liegt mit 75 kg N/ha auf mittlerem Niveau. Relevante N-Verluste durch Nitrat-Auswaschung können auf den leichten Böden v.a. bei fehlendem Bewuchs über Winter bzw. bei Wintergetreide auftreten.

Problemanalyse: In den zurückliegenden Jahren wurden auf einzelnen Schlägen des Betriebes nesterweise auftretende Schäden im Getreide beobachtet. Auf dem untersuchten Sommergersten-Schlag waren bei der Probenahme (Stadium Bestockung) keine Symptome zu erkennen. Es wurden Messpunkte ausgewählt (A & B), die in einem Bereich liegen, der in den letzten Jahren Schadnester aufwies.

An beiden Punkten können die insgesamt sehr niedrigen K-Gehalte zu Störungen bei der Pflanzenernährung geführt haben. Die am Punkt B relativ hohen Gehalte an *Pratylenchus*-Arten und an *Tylenchorhynchus dubius* weisen auf die Möglichkeit von Schädigungen durch Nematoden hin. Der *Tylenchorhynchus dubius*-Besatz lag jedoch auch auf Punkt B in einem Bereich, der als weniger kritisch bewertet wird.



Lösungsansätze: Soweit sich die geschädigten Bereiche auf den Schlägen nicht ausdehnen sind direkte Maßnahmen nicht notwendig, da das Bewirtschaftungssystem nicht auf eine starke Förderung von Nematoden schließen lässt. Eine Zufuhr K-haltiger Düngemittel könnte zu einer höheren Stabilität im Pflanzenbau führen.

Betriebsbeispiel 15 (B15)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Niedersachsen)

Höhe: 25-40 m ü. NN

Niederschlag: Ø 750 mm/a

Temperatur: Ø 10°C

Bodenart: Sand

Bodentypen: Podsol

Ackerzahl: 18-25

Gefälle: 95% eben

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke

Wichtige einjährige Unkräuter: weißer Gänsefuß, kleine Wicke, Flughafer

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 103 ha Ackerland

Schlaggröße: Ø 7 ha

Schlagentfernung: Ø 2,5 km

Betriebszweige: Ackerbau, Legehennen (1000 eigene +10.000 in Kooperation; 0,43 GV/ha)

Arbeitskräfte: 1 AK (Ackerbau)

Besonderheiten: Wasserschutzgebiet

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: 50% 10jährige Brache (selbst begrünt), Rest konventionell oder kürzere Brachephasen

Umstellungsjahr: 1995

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (25 cm), Ø 1x pro Jahr

Düngung: Hühnerkot ca. 3-4 t/ha, 1x pro Jahr

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Saat: Schleppschar (12 cm und 37,5 cm)

Mech. Pflege: Striegel, Hacke

Stoppelbearbeitung: Flügelschargrubber, Federzinkengrubber

Fruchtfolge: Zielfruchtfolge (in Vergangenheit z.T. Erbsen statt Rotklee)

Erbse / Lupine ZF ¹
W.Getreide (Triticale) US ²
Kartoffeln ZF / Körnermais
S.Getreide US / ZF
Körnermais

¹ Zwischenfrucht: Ölrettich, Grünroggen oder Weißklee

² Untersaat: Weißklee

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Getreide	23	50
Kartoffel	230	15
Erbse, Lupine	30, 20	20
Körnermais	45	15

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Über mehrere Jahre nesterweise auftretende Schadstelle auf einem Schlag.
- Unkräuter (Quecke & Flughafer)
- Wasserschutz, Stoppelpbearbeitung und Kartoffelbau in Einklang zu bringen.

Bewertung des Systems: Erträge zu gering; gute Zukunftsaussichten.

Untersuchter Schlag

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Ackerzahl	18-22
Bodentyp	Podsol
Bodenart	anmoorig stark lehmiger Sand
Umstellungsjahr	1995
Langfristige Bewirtschaftung (10 Jahre vor Untersuchung)	
Gründüngung [%]	0
Körnerleguminosen [%]	20
Getreide [%]	60
Kartoffeln [%]	20
Untersaaten [%]	50
Zwischenfrüchte [%]	50
Ø Düngung ¹ [t/ha*a]	2 H, 2,5 P
N-Versorgung ² [kg/ha*a]	110
N-Bilanz [kg/ha*a]	50
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	0

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben (Fortsetzung):

Kurzfristige Bewirtschaftung	
Vorvorfrucht & Düngung ¹	Kartoffeln3 H
Vorfrucht	S.Triticale 3 H
untersuchte Frucht	S.Triticale 3 H
Ertrag ³ [dt/ha]	21
Beprobung	31.05.2006

¹ organische Düngemittel: Hühnertrockenkot (H), Pferdemist (P)² N-Zufuhr (Leguminosen) je nichtlegumer Marktfrucht³ Ertragsschätzung des Betriebsleiters; keine Angaben

pH-Wert und Bodengehalte sowie Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden
 (in 100 ml) **und in Wurzeln** (in 10 g Wurzel-Frischmasse) **an den beiden**
Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Boden / Wurzeln	Boden			Boden		Wurzeln	
Messpunkt	↓	↑		↓	↑	↓	↑
pH	5,3	5,1	<i>Heterodera avenae</i>	0	0	0	0
P ₂ O ₅ [mg/100g]	5	10	<i>Meloidogyne spp.</i>	368	236	0	0
K ₂ O [mg/100g]	4	3	<i>Pratylenchus spp.</i>	68	92	3623	1840
Mg [mg/100g]	2	2	<i>Trichodorus spp.</i>	0	32	- ¹	-
Organische Substanz [%]	3,0	2,6	<i>Paratylenchus spp.</i>	0	0	-	-
C/N	17,2	16,4	<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	52	232	0	63
Cu [mg/kg]	3,0	2,7					
Mn [mg/kg]	4	6					
Zn [mg/kg]	5,7	5,5					

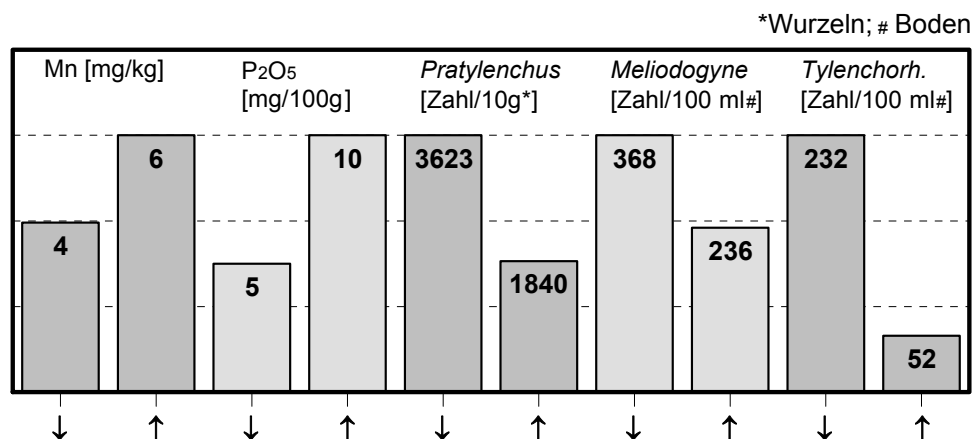
Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1995 ökologisch wirtschaftender Gemischtbetrieb (0,43 GV/ha, eigene & Kooperations-Legehennen), mit günstigen Klima- und ungünstigen Bodenbedingungen (sandige Böden, Ackerzahl ca. 18-25) sowie relativ niedrigem Ertragsniveau. Die Kleeuntersaaten im Getreide mit weitem Reihenabstand und der eingesetzte Hühnertrockenkot bilden die Basis der Marktfruchtproduktion (Getreide, Körnerleguminosen, Kartoffeln). Die Geschichte des untersuchten Schlages ergibt eine deutlich positive N-Bilanz und eine ausgeglichene Humusbilanz. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je nichtlegumer Marktfrucht liegt mit 110 kg N/ha auf hohem Niveau. Das Potential relevanter N-Verluste durch Nitratauswaschung ist aufgrund des hohen N-Niveaus, der leichten Böden und des warm-feuchten Klimas hoch. Das intensive Untersaaten- bzw. Zwischenfruchtmanagement kann jedoch dazu beitragen, die tatsächlichen Verluste gering zu halten.

Problemanalyse: In den zurückliegenden Jahren wurden auf einzelnen Schlägen des Betriebes nesterweise auftretende Schäden im Getreide beobachtet. Auf dem untersuchten Sommertriticale-Schlag waren bei der Probenahme (Stadium Schossen) keine Symptome zu erkennen. Es wurde ein Messpunkt in einem Bereich gewählt, der in den letzten Jahren Schadnester aufwies (↓) sowie ein Punkt in einem gesunden Bereich (↑).

Die an beiden Punkten niedrigen K- und Mg-Gehalte können ein Hinweis auf Störungen bei der Pflanzenernährung sein. Im Vergleich zu dem in den Vorjahren ungeschädigten Bereich lagen die P- und Mn-Gehalte im Bereich der Schadnester auf niedrigerem Niveau. Die Gehalte einzelner Nematoden-Gattungen erreichten am ↓-Punkt ein deutlich höheres Niveau als am ↑-Punkt (*Pratylenchus*-Arten in Wurzeln sowie *Meloidogyne*-Arten & *Tylenchorhynchus dubius* im Boden). Da in den Wurzeln keine Nematoden der Gattung *Meloidogyne* vorlagen, könnte es sich hier um Arten handeln, die Getreide nicht befallen (z.B. *Meloidogyne hapla*), aber Kartoffeln oder Erbsen schädigen könnten. Das Fehlen von Symptomen bei der Probenahme kann mit dem bekanntermaßen stark zwischen den Jahren variierenden Ausmaß von Nematodenschäden (z.B. durch *Pratylenchus*-Arten) zusammenhängen.

Die Schadsymptome in Getreidebeständen auf diesem Schlag können von einem Ursachenkomplex aus Bodeneigenschaften und verschiedenen Nematoden ausgelöst worden sein.



Lösungsansätze: Die Erhöhung der kritischen Nährstoffgehalte durch entsprechende Düngemittel können zu einer höheren Stabilität im Pflanzenbau und zu einer geringeren Empfindlichkeit gegenüber Nematodenschäden beitragen. Soweit sich die geschädigten Bereiche auf den Schlägen nicht ausdehnen, sind direkte Maßnahmen zur Nematodenbekämpfung nicht notwendig. Die Wahl der Zwischenfrüchte (z.B. *Pratylenchus*-reduzierender Ölrettich) kann jedoch das Risiko steigender Nematodengehalte verringern.

Betriebsbeispiel 16 (B16)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Niedersachsen)

Höhe: 10 - 20 m ü. NN

Niederschlag: Ø 770 mm/a

Temperatur: Ø 9,7°C

Bodenart: 40% Sand, 40% lehmiger Sand, 20 % Lehm

Bodentypen: Podsol, Gley, Parabraunerde

Ackerzahl: 25-60

Gefälle: eben

Wichtige Wurzelunkräuter: Distel

Wichtige einjährige Unkräuter: Flughafer, Klettenlabkraut

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 165 ha Ackerland

Schlaggröße: Ø 3 ha

Schlagentfernung: Ø 5 km

Betriebszweige: Ackerbau (auch Vermehrung)

Arbeitskräfte: 1 AK

Besonderheiten: keine Beregnung

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: reiner Ackerbau (Getreide, Raps, Kartoffeln, Leguminosen)

Umstellungsjahr: ab 1997

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (25-30 cm), Ø 1x pro Jahr

Düngung: Kooperationsmist, Ø 40-50 kg N/ha Hühnertrockenkot / Putenmist und 20-30 kg N/ha Pferdemist / Champignonkompost im Jahr (entspricht grob ca. 0,7 GV/ha).

Saatbettbereitung: Kreiselegge (vor Drillmaschine)

Saat: Schleppschar, 12 cm Reihenweite

Mech. Pflege: Striegel, Dammfräse / Häufler bei Kartoffeln

Stoppelbearbeitung: Kurzscheibenegge, Flügelschargrubber

Fruchtfolge: Zielfruchtfolge

Leichte Böden	Schwerere Böden
W.Roggen ZF ¹ Ölrettich	W.Weizen ZF ¹ Ölrettich
Lupine ZF Ölrettich	Ackerbohne ZF Ölrettich
S.Gerste US ² Klee	W.Weizen US ² Klee
Kartoffeln	Hafer US ² Klee

¹ Zwischenfrucht² Untersaat**Anbauumfang:** Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
W.Weizen	40	30
W.Roggen	35	11
S.Gerste	35	18
Ackerbohne, Erbse, Lupine	40, 20, 25	24
Inkarnatklee (Vermehrung)	8	4
Kartoffeln	300	12

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Über mehrere Jahre nesterweise auftretende Schadstelle auf einem Schlag.
- Geringe Rentabilität bei Getreide (auch Vermehrung).
- Hohe Arbeitsbelastung.

Bewertung des Systems: Teilweise zu enge Abstände bei Leguminosen.**Untersuchter Schlag****Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben**

(Keine Anbaukennzahlen da erst 2004 umgestellt):

Ackerzahl	35
Bodentyp	Podsol
Bodenart	schwach lehmiger Sand
Umstellungsjahr	2004
Kurzfristige Bewirtschaftung	
Vorvorfrucht & Düngung ¹	Konventionell
Vorfrucht	Ackerbohnen ZF Ölrettich
untersuchte Frucht	W.Weizen 2 H, 4 P
Sorte	Pegasos
Ertrag ² [dt/ha]	47
Beprobung	05.07.2005

¹ organische Düngemittel: Hühnertrockenkot (H), Pferdemist (P)² Ertragsschätzung des Betriebsleiters; keine Angaben

pH-Wert und Bodengehalte an den einzelnen Messpunkten

(Schäden: ↓, mittel: →, besser: ↑):

Messpunkt	↓A	↓B	→	↑
pH	5,8	5,8	5,6	6,0
P ₂ O ₅ [mg/100g]	11	11	12	24
K ₂ O [mg/100g]	7	11	12	13
Mg [mg/100g]	4	4	4	8
Organische Substanz [%]	2,0	2,2	2,3	2,9
C/N	16,6	16,0	16,7	12,9
Cu [mg/kg]	2,8	2,6	2,8	4,5
Mn [mg/kg]	8	7	9	41
Zn [mg/kg]	3,0	3,3	3,4	8,6

Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (in 100 ml) und in Wurzeln (in 10 g**Wurzel-FM) an den einzelnen Messpunkten** (Schäden: ↓, mittel: →, besser: ↑):

Boden / Wurzeln	Boden				Wurzeln			
Messpunkt	↓A	↓B	→	↑	↓A	↓B	→	↑
<i>Heterodera avenae</i>	0	142	0	0	0	0	0	0
<i>Meloidogyne spp.</i>	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pratylenchus spp.</i>	12	4	32	12	0	302	1890	235
<i>Trichodorus spp.</i>	0	0	4	4	-	-	-	-
<i>Paratylenchus spp.</i>	20	36	16	0	0	8	0	0
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	400	344	412	288	0	75	0	39

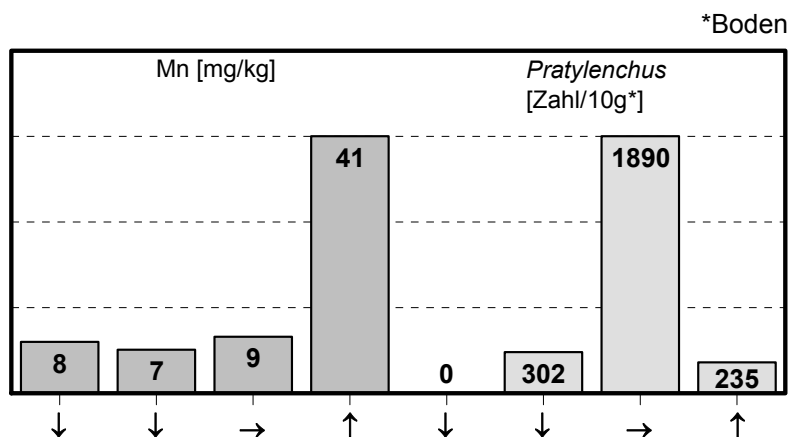
¹ Nicht relevant / nicht bestimmt**Kurzbeschreibung & Problemanalyse**

Betrieb: Seit 1997 ökologisch wirtschaftender Ackerbaubetrieb (in Kooperation mit Geflügelhaltern) mit günstigen Klima- und unterschiedlichen Bodenbedingungen (sandige bis lehmige Böden, Ackerzahl ca. 25-60) sowie mittlerem Ertragsniveau. Die Einfuhr von Hühnertrockenkot und Pferdemist bilden zusammen mit der Inkarnatklee vermehrung und den Kleeuntersaaten im Getreide die Basis der Marktfruchtproduktion (Getreide, Körnerleguminosen, Kartoffeln). Da der untersuchte Schlag erst zwei Jahre zuvor umgestellt wurde, ist eine Bewertung der Bewirtschaftung noch nicht sinnvoll. Für die Durchschnittszahlen des Betriebes ergibt sich sowohl eine positive Humus- (100 kg C/ha und Jahr) als auch eine positive N-Bilanz (40 kg N/ha und Jahr). Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je nichtlegumer Marktfrucht liegt mit 120 kg N/ha auf hohem Niveau. Trotz der positiven Bilanzergebnisse ist durch das weitestgehende Fehlen von Klee gras oder ähnlichen Kulturen in der Fruchtfolge langfristig sowohl mit einer steigenden Distel-Problematik, als auch mit einer sinkenden Strukturstabilität des Bodens zu rechnen. Das Potential relevanter N-Verluste durch Nitratauswaschung ist auf den leichten Böden aufgrund des hohen N-Niveaus und des warm-feuchten Klimas hoch. Das intensive Untersaaten- bzw.

Zwischenfruchtmanagement kann jedoch dazu beitragen, die tatsächlichen Verluste gering zu halten.

Problemanalyse: In den zurückliegenden Jahren wurden auf einzelnen Schlägen des Betriebes nesterweise auftretende Schäden im Getreide beobachtet. In einem Teilbereich des untersuchten Winterweizen-Schlags waren in Bearbeitungsrichtung ausgerichtete Streifen stark geschädigt. Die Symptome reichten dort von niedrigen Pflanzen mit kurzen schmalen Ähren in geringer Dichte bis hin zu Stellen, an denen im dichten Unkrautbestand keine Weizenpflanze mehr auszumachen war. Es wurden insgesamt vier Messpunkte untersucht, zwei in stark geschädigten Bereichen (↓) und jeweils ein Punkt in einem besser stehenden schmalen Streifen zwischen zwei Schadstreifen (→) sowie im ungeschädigten Teil des Schlages (↑).

Der pH-Wert und eine Reihe von Nährstoffgehalten lagen im ungeschädigten Teil des Schlages auf deutlich höherem Niveau, und das C/N-Verhältnis der organischen Substanz im Boden war enger als an den anderen Messpunkten. Vor allem die niedrigen Mn-Gehalte können bei den aufgetretenen Symptomen eine Rolle spielen.



Der Nematodenbesatz bot hingegen kein einheitliches Bild. Während der Besatz an *Tylenchorhynchus dubius* noch eine leichte, mit der Schädigung vergleichbare Abstufung aufwies, traten die höchsten Gehalte an *Pratylenchus*-Arten am →-Punkt auf. In den stark geschädigten Bereichen waren im Vergleich dazu nur wenige *Pratylenchen* vorhanden. Dies kann damit zusammenhängen, dass diese Nematoden während der Vegetationszeit von geschädigten zu noch nicht geschädigten Pflanzen wandern können. Insgesamt wurden zwar eine Reihe von Unterschieden in den Wachstumsbedingungen zwischen den Messpunkten identifiziert, eine alleinige Verantwortung dieser Faktoren für die starken Schäden erscheint jedoch unwahrscheinlich. Eventuell spielt hier die Geschichte des Schlages vor der erst wenige Jahre zurückliegenden Umstellung eine Rolle. Auf einem Teil des Schlages wurde Spargel angebaut und dazu sehr tief gepflügt. Die Bewirtschaftung auf dem Rest der Fläche war hingegen eher extensiv.

Lösungsansätze: Soweit sich die geschädigten Bereiche auf den Schlägen nicht ausdehnen sind direkte Maßnahmen nicht notwendig, da das Bewirtschaftungssystem nicht auf eine starke Förderung von Nematoden schließen lässt. Eine Zufuhr Mn- und Mg-haltiger Düngemittel auf dem gering versorgten Teil des Schlages könnte zu einer höheren Stabilität im Pflanzenbau führen.

Betriebsbeispiel 17 (B17)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Niedersachsen)

Höhe: ca. 50 m ü. NN

Niederschlag: Ø 710 mm/a

Temperatur: Ø 9,7°C

Bodenart: schwach lehmiger bis lehmiger Sand, Lehm

Bodentypen: Braunerden, Gley-Braunerden, Gley-Podsole, Gley

Ackerzahl: 30-60 (20% AZ 30)

Gefälle: Eben

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke, Distel, Ampfer

Wichtige einjährige Unkräuter: Kamille

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 130 ha Ackerland

Schlaggröße: Ø 3,8 ha

Schlagentfernung: 0,1 bis 5 km

Betriebszweige: Ackerbau, Bäckerei

Arbeitskräfte: 0,8 AK (Ackerbau)

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: Gemischtbetrieb (Getreide, Zuckerrüben, Milchkühe, Schweine)

Umstellungsjahr: 1993

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: Pflug (20-22 cm), Ø 1x pro Jahr

Düngung: seit 2004 Gärsubstrat aus konventioneller, vegetarischer Biogasanlage,
10-15 t/ha alle 3 Jahre (0,5% N davon 20% leicht löslich); Stroh bleibt auf der Fläche

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Saat: Scheibenschar mit Andruckrolle, 50 cm Reihenweite, Roggen 10 cm,
US mit Pneumatikstreuer

Mech. Pflège: Hacke, Reihenmulcher (Roggen nicht)

Ernte & Aufbereitung: Ernte im Lohn (bei Beginn "Spülen": 50 kg an den Feldrand), eigene
Lager & Reinigung

Stoppelbearbeitung: Scheibenegge, Grubber, Zinkenrotor

Fruchtfolgen: flexibel gehandhabte Zielfruchtfolgen, die in wechselnden Anteilen auf wechselnden Flächen angebaut werden

AZ 30	Rest
Kleegras-Gründüngung	keine feste Fruchtfolge: Weizen ¹ , Dinkel ¹ , Roggen, Raps, Ackerbohnen, Kleegras-Gründüngung
Roggen	
Roggen	

¹ Leguminosen-Untersaat

Anbauumfang: Durchschnittliche Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten (bis 2005, variiert zwischen den Jahren!); das durchschnittliche Betriebs-Ertragsniveau (Marktflechterträge/gesamte Fläche) liegt bei 23-25 dt/ha, Ziel sind 30-35 dt/ha

Frucht	Flächen in Praxis [%]
Kleegras-Gründüngung	5
Getreide (Dinkel, Weizen, Roggen & US ¹)	65
Ackerbohnen	10
W.Raps	20

¹ Weiß-, Rot-, Schweden-, Gelb- und Perserklee und deutsches Weidelgras (300 g)

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Über mehrere Jahre nesterweise auftretende Schadstelle in Körnerfrüchten.
- Verschlechterung der Bodenstruktur, d.h. Struktur weniger stabil, neigt mehr zu Verschlammung und Verkrustung
- Zu geringer Betriebsertrag.

Bewertung des Systems: Steigerung des Betriebsertrags angestrebt.

Untersuchte Schläge

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Schlag		A	B
Ackerzahl		34	63
Bodentyp		Gley-Podsol	Braunerde
Bodenart		anlehmiger Sand	sandiger Lehm
Umstellungsjahr		1993	1999
Langfristige Bewirtschaftung (max. 10 Jahre vor Untersuchung)			
Gründüngung ¹	[%]	20	-
Körnerleguminosen	[%]	10	13
Getreide	[%]	80	74
Hackfrüchte	[%]	-	13
Untersaaten	[%]	70	74
Ø Düngung ²	[t/ha*a]	1,5 GS	1,5 GS
N-Versorgung ³	[kg/ha*a]	110	67
N-Bilanz	[kg/ha*a]	50	25
Humus-C-Bilanz	[kg/ha*a]	200	40
Kurzfristige Bewirtschaftung			
Vorvorfrucht		W.Weizen	W.Weizen
Vorfrucht & Düngung ²		Dinkel, 15 GS	Dinkel, 15 GS
untersuchte Frucht		Auflauf-Ackerbohnen	Dinkel
Sorte		Limbo	Oberkulmer Rotkorn
Ertrag ⁴	[dt/ha]	10	25
Beprobung		18.10.2006	29.05.2006

¹ Klee gras oder Ackerbohnen-Erb sen-Gemenge

² t/ha, Gärsubstrat (GS)

³ N-Zufuhr (Leguminosen & Düngung) je nichtlegumer Marktfrucht

⁴ Ertragsschätzung des Betriebsleiters

pH-Wert und Bodengehalte an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑;

Schlag A zu Ackerbohnen nicht untersucht, hier Ø-Werte von der Versuchsfläche im Vorjahr, siehe auch Kap. "Feld- und Gefäßversuche zur Nematodenproblematik"):

Schlag		A	B	
Messpunkt		Ø	↓	↑
pH		5,1	5,7	6,0
P ₂ O ₅	[mg/100g]	11	15	12
K ₂ O	[mg/100g]	5	12	10
Mg	[mg/100g]	2	4	4
Organische Substanz	[%]	2,9	1,9	1,9
C/N		14,2	9,3	9,8
B	[mg/kg]	0,2	0,7	0,7
Cu	[mg/kg]	1,33	3,9	3,4
Mn	[mg/kg]	15	195	168
Zn	[mg/kg]	1,9	5,6	5,1

Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (in 100 ml) und in Wurzeln (in 10 g Wurzel-Frischmasse) an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A				B			
Boden / Wurzeln	Boden		Wurzeln		Boden		Wurzeln	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
<i>Heterodera avenae</i>	- ¹	-	-	-	0	0	0	0
<i>Meloidogyne spp.</i>	1620	52	-	-	0	0	388	61
<i>Pratylenchus spp.</i>	80	104	1500	1290	24	32	-	-
<i>Trichodorus spp.</i>	4	0	-	-	0	0	-	-
<i>Paratylenchus spp.</i>	48	132	0	0	0	8	-	-
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	376	276	0	0	208	56	20	20

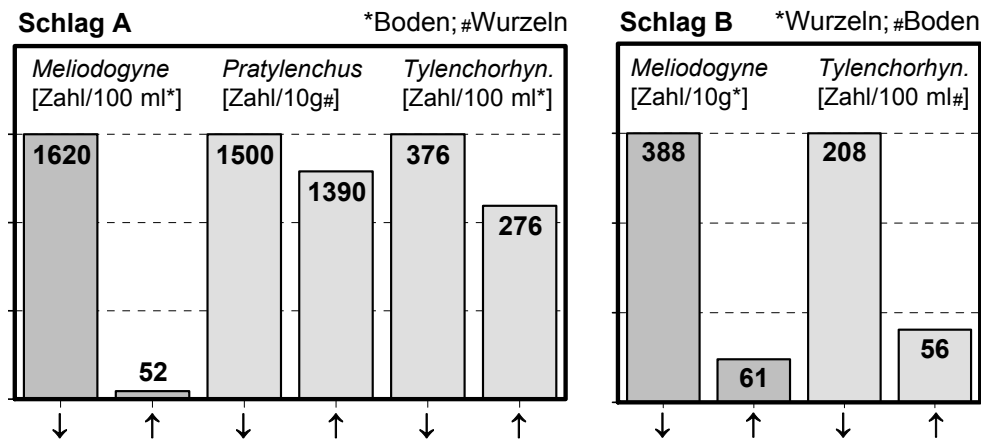
¹ Nicht relevant / nicht bestimmt

Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1993 ökologisch wirtschaftender viehloser Betrieb, mit günstigen Klima- und unterschiedlichen Bodenbedingungen (sandige bis lehmige Böden, Ackerzahl ca. 30-60) sowie eher niedrigem Ertragsniveau. Der intensive Anbau von Leguminosenuntersaaten im Getreide mit weitem Reihenabstand und ein geringer Klee gras-Gründungsanteil in der Fruchtfolge waren bisher die Basis für die Körnerfruchtproduktion (65% Getreide, 20% Raps & 10% Körnerleguminosen). Seit 2004 wird zusätzlich Gärsubstrat aus einer Biogasanlage eingesetzt. Die Geschichte der untersuchten Schläge ergibt positive N-Bilanzen und ausgeglichene bis positive Humusbilanzen. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je Getreidefrucht variiert deutlich (70 bis 110 kg N/ha) auf hohem Niveau. Relevante N-Verluste durch Nitrat-Auswaschung sind in Verbindung mit warmer Winterwitterung und hohen Niederschlagsmengen v.a. bei frühem Umbruch vor Wintergetreide auf den sandigen Böden zu erwarten.

Problemanalyse: In den zurückliegenden Jahren wurden auf mehreren Schlägen des Betriebes nesterweise auftretende Schäden bei Getreide und Ackerbohnen beobachtet. Im Jahr 2004 wurde auf einem in den Vorjahren stark geschädigten Bereich des Schlages A ein Versuch zur Nematodenbekämpfung angelegt (ausführlich auf Seite 178). Auf dem gleichen Schlag wurden im Herbst 2006 an zwei Messpunkten (geschädigter ↓ und besser stehender Bereich ↑) nach der Ernte aufgelaufene, zum Teil stark geschädigte Ackerbohnen untersucht. Auf Schlag B erfolgte die Untersuchung von Nestern mit einer leichten Wuchsdepression (etwas hellere und kleinere Pflanzen) bei Dinkel.

Für die Messpunkte auf Schlag A liegen keine differenzierten Boden-Nährstoffanalysen vor. Die im Durchschnitt sehr niedrigen Mg-Gehalte könnten an Ertragseinbußen beteiligt sein. Bei Schlag B zeigten die vorhandenen Ergebnisse keine relevanten Unterschiede zwischen den Punkten. Die Nematodengehalte wiesen hingegen auf beiden Schlägen deutliche Unterschiede zwischen geschädigtem und ungeschädigtem Bereich auf. Am ↓-Punkt auf Schlag A waren *Meloidogyne*-Arten und *Tylenchorhynchus dubius* im Boden deutlich erhöht. Der Wurzelbesatz mit *Pratylenchus*-Arten war an beiden Punkten hoch. Schon in dem von 2004 bis 2005 auf Schlag A durchgeführten Versuch zur *Pratylenchus*-Reduzierung wurden erhöhte *Pratylenchus*- und *Meloidogyne*-Besatzdichten festgestellt.



Bei Schlag B lagen sowohl der Besatz mit *Meloidogyne*-Arten in Wurzeln (wahrscheinlich *M. naasi*) als auch mit *Tylenchorhynchus dubius* im Boden im geschädigten Bereich deutlich höher als im ungeschädigten.

Die jeweiligen Schadsymptome in den Getreidebeständen wurden anscheinend schlag-spezifisch von verschiedenen Kombinationen der Nematodengattungen *Meloidogyne*, *Pratylenchus* und *Tylenchorhynchus* verursacht, z.T. unterstützt durch niedrige Mg-Gehalte.

Lösungsansätze: Erhöhung kritischer Nährstoffgehalte im Boden (z.B. Mg). Bei Schlägen mit erhöhten *Meloidogyne*-Besatzdichten Reduzierung des Getreideanteils und Verzicht auf den Anbau von Gräsern. Zur Reduzierung der *Pratylenchus*-Arten z.T. Umbruch der Untersaaten im Sommer und Anbau resistenter Zwischenfrüchte (z.B. Ölrettich).

Betriebsbeispiel 2 (B2)

Betriebsbeschreibung siehe Seite 67

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Ab 1994 erst stellenweise dann auf einzelnen Schlägen zunehmend flächendeckend aber auch dann unregelmäßig auftretende Schadstellen in Körnerfrüchten. Symptome: Pflanzen klein, z.T. gelb und wenig oder gar nicht bestockt (Nährstoffmangelsymptome), dies kann bis zum Absterben der Pflanzen führen; die Pflanzen sind krankheitsanfälliger; die Getreideerträge liegen z.T. unter 5 dt/ha; z.T. ist auch das Unkraut geschädigt, meist tritt jedoch im geschädigten Bereich ein hoher Unkrautdruck auf.

Bewertung des Systems: Später Umbruch von Untersaat bzw. Gründüngung, späte Getreidesaat, ein weiter Reihenabstand mit Leguminosenuntersaaten hat sich anfangs in Bezug auf Ertrag und Qualität sowie die intensive Bearbeitung vor Sommerfrüchten im Hinblick auf den Queckenbesatz bewährt. Erst durch Auftreten der Schädigungen große Probleme.

Untersuchte Schläge

Angaben über die langfristige Bewirtschaftung (auf allen Schlägen sehr ähnliche, daher aus Angaben der letzten zehn Jahre vor der Untersuchung gemittelt):

Gründüngung ¹	[%]	10
Körnerleguminosen	[%]	-
Getreide	[%]	90
Hackfrüchte	[%]	-
Untersaaten	[%]	90
Zwischenfrüchte	[%]	-
Ø Düngung ²	[t/ha*a]	-
N-Versorgung ³	[kg/ha*a]	70
N-Bilanz	[kg/ha*a]	30
Humus-C-Bilanz	[kg/ha*a]	195

¹ Klee gras, Luzerne gras

² organische Düngemittel

³ N-Zufuhr (Leguminosen & Düngung) je nichtlegumer Marktfrucht

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Schlag	A	B	C	D
Ackerzahl	33	30-33	38	25
Bodentyp	Pseudogley	Pseudogley	Pseudogley	Braunerde
Bodenart	Sand bis an-lehmiger Sand	Sand bis lehmiger Sand	lehmiger Sand	Sand
Umstellungsjahr	1989	1989	1989	1989
Kurzfristige Bewirtschaftung				
Vorvorfrucht	Luzernekleegras	W.Gerste ¹	Kleegras	Dinkel US ZF ³
Vorfrucht	W.,Gerste ¹	S.Weizen US	S.Weizen	Dinkel
untersuchte Frucht	Dinkel US ²	S.Weizen US	Dinkel US	S.Gerste
Sorte	Schwabenspelz	Thasos	Schwabenspelz	
Ertrag ⁴ [dt/ha]	23	<5	5	25
Beprobung	05.05.2004	22.05.2004	22.05.2004	29.05.2006

¹ in gefrästen Steifen im Luzernekleegras² Getreidereihenabstand 27 bis 54 cm, Untersaat mit unterschiedlichen Kleegemengen³ Zwischenfrüchte (verschiedene Gemenge aus Rübse, Ölrettich, Ackerbohne, Roggen)⁴ Ertragsschätzung des Betriebsleiters, Schlagdurchschnitt

Schlag	E	F	G	H
Ackerzahl	33	38	35-40	38
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde bis Pseudogley	Pseudogley
Bodenart	lehmiger Sand	anlehmiger Sand	Sand bis lehmiger Sand	lehmiger Sand
Umstellungsjahr	1989	1989	1989	1989
Kurzfristige Bewirtschaftung				
Vorvorfrucht	S.Weizen US ZF	Dinkel US ZF	W.Weizen US ZF	Dinkel US ZF
Vorfrucht	Dinkel US ¹ ZF ²	Dinkel US ZF	Dinkel US ZF	Dinkel US ZF
untersuchte Frucht	Dinkel	Dinkel	S.Gerste	Ackerbohne
Ertrag ³ [dt/ha]	20	25	40	5
Beprobung	29.05.2006	29.05.2006	29.05.2006	05.08.2006

¹ Getreidereihenabstand 27 bis 54 cm, Untersaat mit unterschiedlichen Kleegemengen² Zwischenfrüchte (verschiedene Gemenge aus Rübse, Ölrettich, Ackerbohne, Roggen)³ Ertragsschätzung des Betriebsleiters, Schlagdurchschnitt

pH-Wert, Bodengehalte und Ertrag an den einzelnen Messpunkten

(Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A		B		C		D	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
pH	5,4	5,4	5,5	5,7	5,7	6,1	5,5	5,4
P ₂ O ₅ [mg/100g]	7	6	7	8	6	12	3	5
K ₂ O [mg/100g]	3	6	4	8	4	8	8	8
Mg [mg/100g]	2	4	4	5	3	4	3	2
Organische Substanz [%]	1,5	1,4	2,1	3,0	1,9	1,8	2,1	2,2
C/N	9,7	10,2	12,2	14,5	10,0	9,5	11,2	11,6
B [mg/kg]	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4
Cu [mg/kg]	2,1	2,6	1,6	1,6	2,0	2,1	2,1	1,5
Mn [mg/kg]	37	55	19	15	54	96	26	27
Zn [mg/kg]	26	28	3,3	1,8	2,4	3,7	0,9	0,9
Ertrag ¹ [dt/ha]	8	30	5	11	7	23	-	-

¹ Ertragsmessung per Hand

Schlag	E		F		G		H	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
pH	6,0	5,7	5,5	5,6	6,1	5,3	5,7	6,0
P ₂ O ₅ [mg/100g]	4	4	9	9	6	9	3	9
K ₂ O [mg/100g]	7	6	6	6	10	10	4	14
Mg [mg/100g]	6	7	4	3	7	5	3	5
Organische Substanz [%]	2,7	2,6	1,4	1,2	2,1	3,1	1,6	1,6
C/N	14,2	13,8	10,0	10,3	10,3	12,9	9,4	9,5
B [mg/kg]	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,2	0,6
Cu [mg/kg]	0,4	0,6	1,7	1,6	1,2	2,4	1,4	1,6
Mn [mg/kg]	18	9	40	37	94	30	54	116
Zn [mg/kg]	0,7	1,0	1,2	1,2	1,5	2,0	1,5	2,9

Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (in 100 ml) und in Wurzeln (in 10 g**Wurzel-Frischmasse) an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):**

Schlag	A				B				C			
Boden / Wurzeln	Boden		Wurzeln		Boden		Wurzeln		Boden		Wurzeln	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
<i>Heterodera avenae</i>	424 ¹	114 ¹	- ²	-	0 ¹	0 ¹	-	-	39 ¹	0 ¹	-	-
<i>Meloidogyne spp.</i>	11	12	-	-	66	33	-	-	61	72	-	-
<i>Pratylenchus spp.</i>	281	348	-	-	66	66	1030	4060	435	94	5730	1290
<i>Trichodorus spp.</i>	66	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paratylenchus spp.</i>	270	54	-	-	160	88	-	-	121	0	-	-
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	94	144	-	-	17	110	-	-	237	88	-	-

Gehalte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (Fortsetzung):

Schlag	D				E				F			
Boden / Wurzeln	Boden		Wurzeln		Boden		Wurzeln		Boden		Wurzeln	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
<i>Heterodera avenae</i>	104	192	24	26	792	228	0	0	0	64	0	0
<i>Meloidogyne spp.</i>	296	240	0	128	16	0	0	0	64	0	0	0
<i>Pratylenchus spp.</i>	28	32	690	204	32	0	1222	77	120	8	774	157
<i>Trichodorus spp.</i>	0	0	- ²	-	0	0	-	-	280	0	-	-
<i>Paratylenchus spp.</i>	16	0	-	-	80	0	-	-	0	0	-	-
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	28	168	48	26	160	144	0	58	96	112	0	59

Schlag	G				H					
Boden / Wurzeln	Boden		Wurzeln		Boden		Wurzeln Ackerbohnen		Wurzeln Rüben	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
<i>Heterodera avenae</i>	308	20	24	26	114	694	-	-	-	-
<i>Meloidogyne spp.</i>	544	200	0	128	16	4	-	-	-	-
<i>Pratylenchus spp.</i>	8	72	690	204	0	4	36	62	678	75
<i>Trichodorus spp.</i>	0	40	- ²	-	0	0	-	-	-	-
<i>Paratylenchus spp.</i>	80	0	-	-	4320	3168	-	-	-	-
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	128	288	48	26	420	763	0	31	0	0

¹ hier nur Larven im Boden, Eier und Larven in Zysten nicht bestimmt

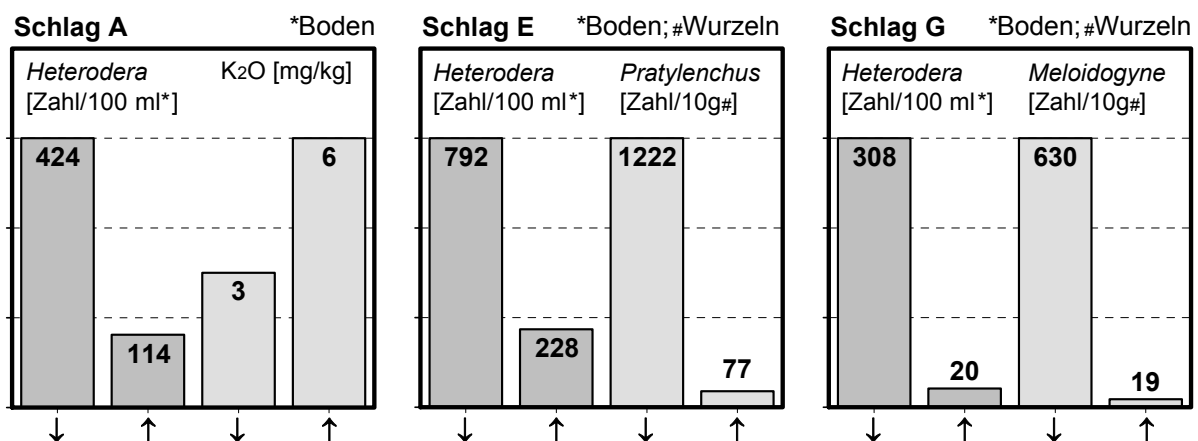
² Nicht relevant / nicht bestimmt

Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1989 ökologisch wirtschaftender, viehloser Betrieb, mit günstigen Klima- und ungünstigen Bodenbedingungen (sandige bis lehmig-sandige Böden, Ackerzahl ca. 20-40) sowie sehr unterschiedlichem, im Durchschnitt niedrigem Ertragsniveau. Der intensive Anbau von Leguminosenuntersaaten im Getreide mit weitem Reihenabstand und ein geringer Klee gras-Gründungsanteil in der Fruchtfolge waren bisher die Basis für die Körnerfruchtproduktion (90% Getreide, 5% Körnerleguminosen). Seit 2006 wird zusätzlich Grüngutkompost eingesetzt. Die Geschichte der untersuchten Schläge ergibt positive Humus- und N-Bilanzen. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je Getreidefrucht liegt mit 70 kg N/ha auf mittlerem Niveau. Relevante N-Verluste durch Nitrat-Auswaschung sind aufgrund der späten Umbruchtermine vor der Getreidesaat nur bei sehr hohen Niederschlagsmengen im Frühjahr zu erwarten.

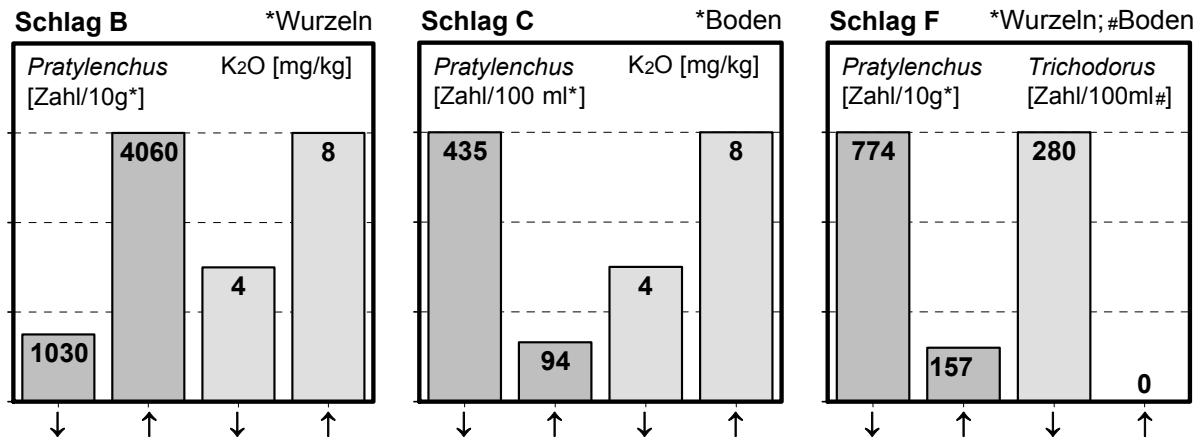
Problemanalyse: Nach Umstellung des Betriebes auf einen fast kontinuierlichen Getreideanbau in weiter Reihe mit Leguminosenuntersaaten im Jahr 1992 traten 1994 erste Probleme mit nesterweise auftretenden Wuchsdepressionen auf. Die Symptome traten zuerst auf Schlägen oder Teilbereichen mit schlechteren Böden auf und dehnten sich z.T. über die Jahre auf gesamte Schläge aus. Die Symptome reichen von Auflaufstörungen über deutlich verminderte Bestockung, eingeschränktes Wachstum und hellere Färbung in der Jugendentwicklung bis hin zum Auftreten erster Störungen im Stadium des Schossens (gelbe Blätter, Reduzierung der Wachstumsgeschwindigkeit). Die Schäden bewirken z.T. eine Ertragsreduktion auf unter 5 dt/ha. Diverse Untersuchungen der Problematik (Nährstoffe, Fußkrankheiten etc.) vor Projektbeginn erbrachten keine schlüssigen Erklärungen für die starken Schäden. Neben der Durchführung von Feldversuchen zur Nematodenbekämpfung (siehe Seite 178) wurden im Zeitraum 2004 bis 2006 auf insgesamt acht Schlägen (A - H) jeweils zwei Messpunkte untersucht (geschädigter ↓ und besser stehender Bereich ↑).

Wie in den Feldversuchen für die Versuchsfläche ermittelt weist auch auf einem Teil der Stichproben-Schläge ein hoher Besatz mit *Heterodera avenae* an den ↓-Punkten auf eine Beteiligung dieser Nematodenart an den Schäden hin (Schläge A, E, G & evtl. C).



Bei jedem dieser Schläge geben die Analysenergebnisse jedoch Hinweise auf jeweils mindestens einen weiteren möglichen Faktor. Bei Schlag A waren das z.B. der K- und Mg-Gehalt sowie der Besatz mit *Paratylenchus*-Arten. Bei Schlag E und G kommen hingegen zusätzlich *Pratylenchus*- bzw. *Meloidogyne*-Arten in Frage.

Bei anderen Schlägen fiel vor allem der hohe Besatz mit *Pratylenchus*-Arten in den geschädigten Bereichen auf (Schläge B, C, F & D). Bei Schlag B lag der Nematodenbesatz zwar am ↓-Punkte niedriger als am ↑-Punkt, insgesamt war das Niveau jedoch sehr hoch. Es muss dabei berücksichtigt werden, dass die freilebenden Nematoden sich von stark geschädigten Pflanzen zu gesünderen Pflanzen bewegen können und die beiden Messpunkte auf Schlag B nur wenige Meter voneinander entfernt lagen. Auch bei diesen vier Schlägen kommen weitere Faktoren für eine Beteiligung an den Schäden in Frage. Bei den Schlägen B und C ist das z.B. der niedrige K-Gehalt und auf Schlag F der hohe Besatz mit *Trichodorus*-Arten.



Die Analyseergebnisse von Schlag H weisen darauf hin, dass die Schäden an den Ackerbohnen vor allem durch Nährstoffeffekte bzw. Bodenunterschiede hervorgerufen wurden. Aber auch *Paratylenchus*-Arten und *Tylenchorhynchus dubius* könnten beteiligt gewesen sein.

Die jeweiligen Schäden in den Getreidebeständen wurden trotz fast identischer Bewirtschaftung und ähnlicher Böden anscheinend von schlagspezifisch sehr unterschiedlichen Kombinationen von Faktoren (Nematoden, Nährstoffe) verursacht. Symptome traten meist beim Zusammentreffen niedriger Nährstoffgehalte und hoher Nematoden-Dichten im Boden auf. Der aufgrund des hohen Getreideanteils erwartete starke Befall mit pilzlichen Fußkrankheiten wurde in keinem der Fälle bestätigt.

Lösungsansätze: Schaffung optimaler Wachstumsbedingungen durch Anhebung des Nährstoffniveaus im Boden. Aufnahme von getreidefreien Zeiträumen bzw. von *Heterodera avenae*-resistenten Getreide-Sorten in das Anbausystem. Z.T. Umbruch der Untersaaten im Sommer und Ansaat *Pratylenchus*-reduzierender Zwischenfrüchte (z.B. Ölrettich). Möglicherweise könnte ein vermehrter Anbau von Reinsaaten (ohne Untersaat) durch das dann ungünstigere Wirtspflanzenspektrum zu einer Reduzierung von pflanzenparasitären Nematoden führen.

2.3.4 Feld- und Gefäßversuche zur Nematodenproblematik

Neben der Untersuchung von Stichproben auf geschädigten Praxisflächen wurden zur weiteren Analyse möglicher Schadensursachen und zur Prüfung von Lösungsstrategien Feldversuche auf Praxisflächen sowie ein Gefäßversuch durchgeführt.

2.3.4.1 Feldversuche zur *Pratylenchus*-Regulierung

Erste Ergebnisse der Boden- und Pflanzenuntersuchungen zu Beginn des Projekts wiesen auf die Beteiligung pflanzenparasitärer Nematoden der Gattung *Pratylenchus* an den nestweisen Schädigungen im Getreide hin. Im weiteren Projektverlauf wurden deshalb auf zwei Betrieben mit relativ großflächigen Schäden insgesamt drei Feldversuche zur Reduzierung dieser Nematoden durchgeführt. Nach Sichtung der Literatur und in Absprache mit mehreren Experten sowie den beteiligten Landwirten erfolgte die Auswahl verschiedener Bewirtschaftungsmaßnahmen im Zeitraum zwischen zwei Getreide-Hauptfrüchten (Tab. 3.5). Wie an den Betriebsmesspunkten wurden jeweils chemische Bodenkenngößen und der Nematodenbesatz erfasst, bei den Versuchen sowohl vor Versuchsbeginn und direkt nach Ansaat des folgenden Getreides. Zusätzlich wurde die Nmin-Menge im Herbst und Frühjahr gemessen sowie die Sprossmasse der Zwischenfrüchte im November und der Ertrag der Getreidenachfrucht bestimmt.

Varianten: Die Varianten Ackerbohnen-Rübsen-Zwischenfrucht und natürlicher Bewuchs nach der Stoppelpbearbeitung wurden als wahrscheinlich *Pratylenchus*-vermehrnde Maßnahmen getestet.

Eine unkrautfreie mehrmonatige Schwarzbrache (hier: Bearbeitung im Abstand von 2-3 Wochen) führt bekanntermaßen zu einer Reduzierung der freilebenden pflanzenparasitären Nematoden, da ihnen die Ernährungsgrundlage entzogen wird. Diese Maßnahme ist jedoch mit vielen negativen Auswirkungen wie z.B. dem Abbau organischer Bodensubstanz und einer hohen Auswaschungsgefahr für Nährstoffe (z.B. löslicher N, S, & K) verbunden.

Tagetes-Arten sind aufgrund spezieller Wurzelinhaltsstoffe in der Lage, u.a. eine Reihe von Nematoden aktiv abzuwehren und den Besatz im Boden zu verringern (Feindpflanzen für *Pratylenchus*-Arten). Die Etablierung von Reinkulturen (ohne Unkraut) ist jedoch großflächig schwierig und teuer. In den Versuchen erfolgte eine Pflanzung von Tagetes in kleinen Versuchspartzellen als Vergleichsfrucht.

Der Anbau der gegen *Heterodera schachtii* resistenten Ölrettich-Sorte 'Colonel' führt u.a. auch zu einer Reduktion einzelner *Pratylenchus*-Arten.

Die nematodenreduzierenden Eigenschaften von Sandhafer werden zur Zeit in der Züchtungsforschung geprüft.

Terraprotect ist eine Mischung zweier Senf-Arten, die zur Anwendung als Biofumigationsgemenge vertrieben wird. Die Biofumigation beruht auf der Wirkung sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe (Glucosinolate), die bei Zerstörung der Zellen (Häckseln, Mulchen) u.a. Isothiocyanate freisetzen. Frisches zerkleinertes Pflanzenmaterial soll, in den Boden eingearbeitet, zu einer Reduzierung bodenbürtiger Krankheiten und Schädlinge führen. Weitere Angaben zur Methodik sind im Anhang aufgeführt.

Statistik: Eine statistische Auswertung der Feldversuche war nur zum Teil möglich. Einschränkung war, dass bei B17V1 keine echten Wiederholungen angelegt werden konnten und dass bei B2V1 die für einzelne Varianten begrenzte Saat- bzw. Pflanzgutmenge zu unterschiedlichen Wiederholungszahlen je Variante führte. Aufgrund der begrenzten Kapazitäten im Projekt konnten maximal drei Wiederholungen angelegt werden. Bei der sehr hohen Streuung der Besatzdichte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden ist dies für eine Absicherung von Ergebnissen oft zu gering.

Tabelle 3.5: In den Feldversuchen untersuchte Varianten sowie Angaben zu den Versuchsflächen und der Versuchsführung

Betrieb	Betrieb B2		Betrieb B17
Jahr	2004-2005	2005-2006	2004-2005
Abkürzung	B2V1	B2V2	B17V1
Varianten			
Ackerbohnen-Rübsen-Gemenge	X	X	
Natürlicher Bewuchs (Auflaufgetreide & Unkraut)			X
Sandhafer (<i>Avena strigosa</i>) ¹	X		X
Ölrettich (<i>Raphanus sativus</i> , 'Colonel') ²	X	X	X
Terra Protect (<i>Sinapis alba</i> & <i>Brassica juncea</i>) ³		X	
Tagetes (<i>Tagetes papula</i> , 'Single Gold')	X		X
Schwarzbrache	X	X	X
Versuchsangaben			
Ø pH	5,8	5,8	5,1
Ø P ₂ O ₅ [mg/100g]	6	4	11
Ø K ₂ O [mg/100g]	4	6	5
Ø Mg [mg/100g]	4	6	2
Ø Organische Substanz [%]	1,8	1,9	2,9
Umbruch Vorfrucht	20.06.	19.08.	15.08.
Zwischenfruchtsaat (Tagetes Pflanzung)	03.08.	30.08.	19.08.
Getreideart	S.Weizen ⁴	S.Weizen & S.Gerste ⁴	Dinkel ⁴
Getreidesaat	17.04.	28.04.	22.12.

¹ in der Entwicklung befindliche, möglicherweise nematodenresistente Sorte der Fa. P.H. Petersen

² gegen einige *Pratylenchus*-Arten resistente Sorte der Fa. P.H. Petersen

³ Mischung zur Biofumigation der Fa. P.H. Petersen), Umbruch und Einarbeitung am 09.11.2005

⁴ S.Weizen 'Thasos'; S.Gerste 'Isotta' (resistent gegen *Heterodera avenae*); Dinkel 'Schwabenspelz'

Versuch B2V1: Als Versuchsfläche wurde 2004 eine extrem stark geschädigte Teilfläche eines Dinkelschlages gewählt, die aufgrund dieser Schädigung Ende Juni umgebrochen wurde. Der Zeitraum vom Umbruch der Vorkultur bis zur Saat des folgenden Sommerweizens war deshalb mit ca. zehn Monaten für einen Zwischenfrucht-Zeitraum relativ lang. Die gesäten bzw. gepflanzten (Tagetes) Zwischenfrüchte bildeten bis zum Herbst dichte, fast vollständig unkrautfreie Bestände mit einer hohen Biomasseproduktion (Tab. 3.6). Konsequente flache Bodenbearbeitung im Abstand von zwei bis drei Wochen

sorgte für unkrautfreie Schwarzbracheparzellen. Nach einheitlicher Bodenbearbeitung im Frühjahr 2005 wurden die Nematodengehalte ermittelt.

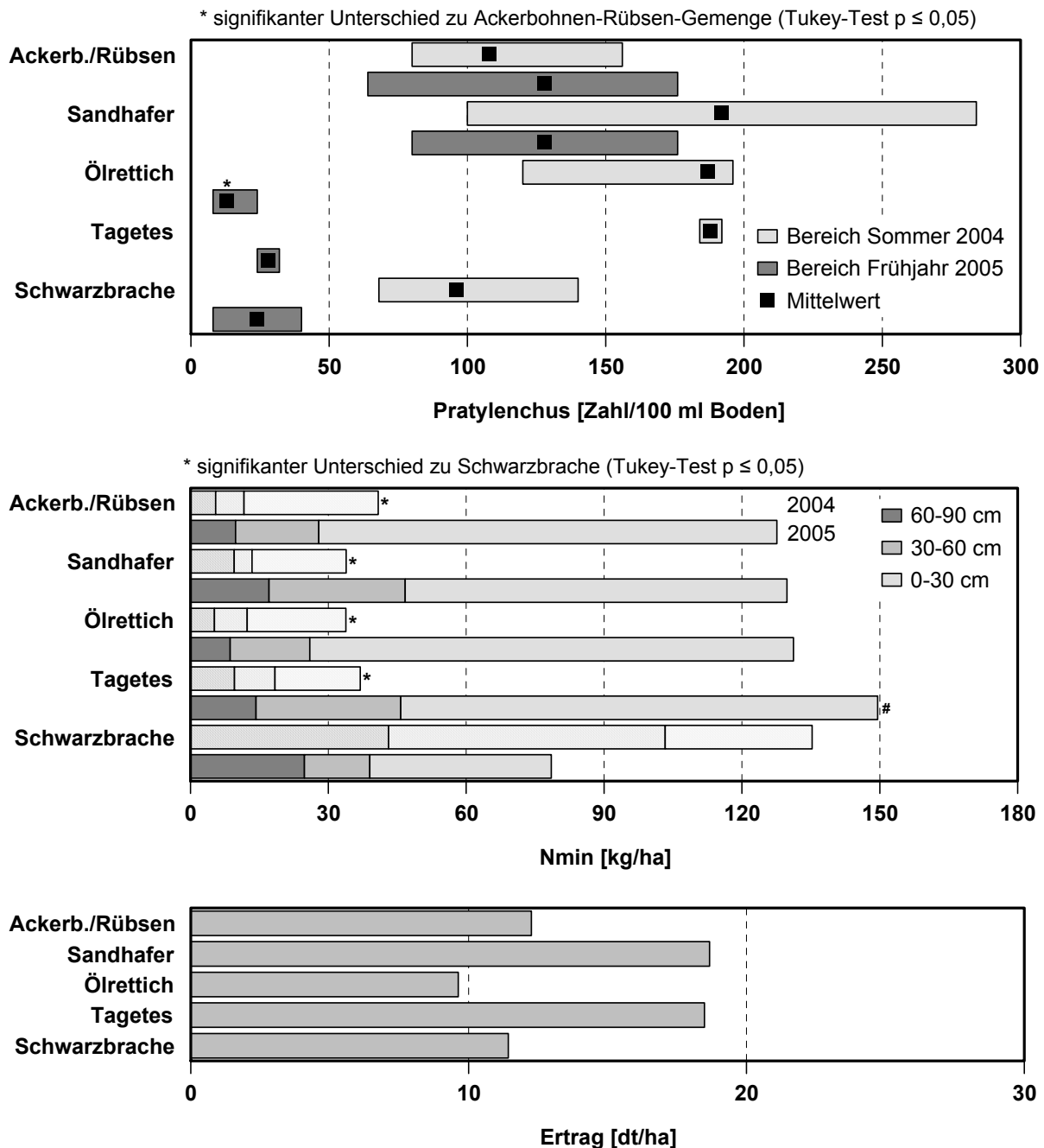


Abbildung 3.4: Ergebnisse aus Versuch B2V1; oben: Besatz mit *Pratylenchus*-Arten vor Versuchsbeginn (2004) und vor Saat des folgenden Sommerweizens (2005); Mitte: Nmin-Mengen November 2004 & März 2005; unten: Sommerweizenertrag 2005

Der Besatz mit *Pratylenchus*-Arten wurde durch die Varianten Ölrettich, Tagetes und Schwarzbrache deutlich reduziert, das Ackerbohnen-Rübsengemenge und der Sandhafer zeigten keinen Effekt (Abb. 3.4). Die *Heterodera avenae*-Gehalte lagen auf hohem Niveau ohne sichtbaren Effekt der verschiedenen Maßnahmen (Tab. 3.6). *Meloidogyne*- und *Trichodorus*-Arten wurden kaum gefunden. Bei letzterem zeichnet sich eine Förderung

durch die Ackerbohnen-Rübsen-Variante ab. *Paratylenchus*-Arten und *Tylenchorhynchus dubius* wurden nur im Frühjahr bestimmt. Ein im Vergleich zum Durchschnitt geringer Besatz mit *Paratylenchen* war nur nach Schwarzbrache und nach Ölrettich erkennbar. *Tylenchorhynchus dubius* wies die niedrigsten Gehalte nach Tagetes und Schwarzbrache auf.

Wie erwartet lagen die Nmin-Werte im Herbst unter Schwarzbrache deutlich höher als unter den Zwischenfrüchten (Abb. 3.4). Aufgrund einer höheren Mineralisation im Frühjahr und geringerer Verlagerungsverluste nach Zwischenfrüchten war das Bild im Frühjahr entgegengesetzt. Eindeutige bzw. statistisch absicherbare Effekte auf den insgesamt sehr niedrigen Ertrag des folgenden Sommerweizens sind trotz der gravierenden Auswirkungen der verschiedenen Maßnahmen auf Nematoden und N im Boden nicht zu erkennen (Abb. 3.4). Mit Ausnahme der Schwarzbracheparzellen war der Unkrautdruck in Parzellen mit schwachem Weizenaufwuchs sehr hoch. Dies lässt darauf schließen, dass die Schädigung des Weizens nicht durch mangelnde Nährstoffversorgung verursacht wurde. Der nach Schwarzbrache sowohl geringe Weizen- als auch Unkraut aufwuchs kann hingegen mit der niedrigeren N-Versorgung zusammenhängen. Da sich die Unterschiede im *Pratylenchus*-Besatz im Boden nicht im Weizenertrag wieder finden, ist diese Nematodengattung anscheinend auf der untersuchten Teilfläche bei Sommerweizen nicht die Hauptschadensursache. Auch die Untersuchung auf Fußkrankheiten am Sommerweizen erbrachte keinen relevanten Befall. Mit Hilfe der partiellen Korrelationsanalyse konnten die Unterschiede im Weizenertrag zwischen den einzelnen Parzellen mit dem *Heterodera avenae*-Besatz ($r=0,67$), der Kaliversorgung ($r=0,59$) und der Nmin-Menge im Frühjahr ($r=0,53$) in Zusammenhang gebracht werden.

Versuch B2V2: Die 2005 auf Betrieb B2 gewählte Versuchsfläche lag auf dem gleichen Schlag wie der Versuch B2V1 (ca. 50 m Entfernung). Der 2005 angebaute Dinkel war in diesem Bereich stark geschädigt, wurde jedoch anders als im Vorjahr nicht umgebrochen sondern geerntet. Zwischen Umbruch der Dinkelstoppel und Saat des folgenden Sommergetreides lagen acht Monate. Die Zwischenfrüchte bildeten im Vergleich zum Vorjahr lockerere, leicht verunkrautete Bestände mit einer geringeren Biomasseproduktion bis zum Herbst (Tab. 3.6). Anfang November wurde der Aufwuchs des Biofumigations-Gemenges Terra Protect zerkleinert und auf ca. 15 cm eingearbeitet. Das für optimale Effekte empfohlene Stadium Blüte für diese Senfmischung konnte aufgrund der zu späten Saat nicht erreicht werden. Konsequente flache Bodenbearbeitung im Abstand von zwei bis drei Wochen sorgte für unkrautfreie Schwarzbracheparzellen. Nach einheitlicher Bodenbearbeitung im Frühjahr wurden die Nematodengehalte ermittelt.

Der Besatz mit *Pratylenchus*-Arten wurde durch die Varianten Ölrettich und Schwarzbrache reduziert, jedoch nicht so deutlich wie in B2V1 (Abb. 3.5). Auch Terra Protect scheint eine leichte Reduzierung bewirkt zu haben. Das Ackerbohnen-Rübsengemenge zeigte keinen Effekt. Das hohe Ausgangsniveau von *Heterodera avenae* wurde bis zum Frühjahr in allen Varianten gleichermaßen leicht reduziert (Tab. 3.6). *Meloidogyne*- und *Paratylenchus*-Arten wiesen insgesamt einen deutlich höheren Besatz als in B2V1 auf, ein Einfluss der verschiedenen Maßnahmen zeigte sich beim *Meloidogyne*-Besatz nicht. Während Schwarzbrache die Anzahl von *Tylenchorhynchus dubius* und von *Paratylen-*

chus-Arten im Boden reduzierte, hatten Ölrettich und Terra Protect keinen Einfluss. Das Ackerbohnen-Rübsen-Gemenge bewirkte hingegen eine Zunahme. *Trichodorus*-Arten wurden nicht gefunden

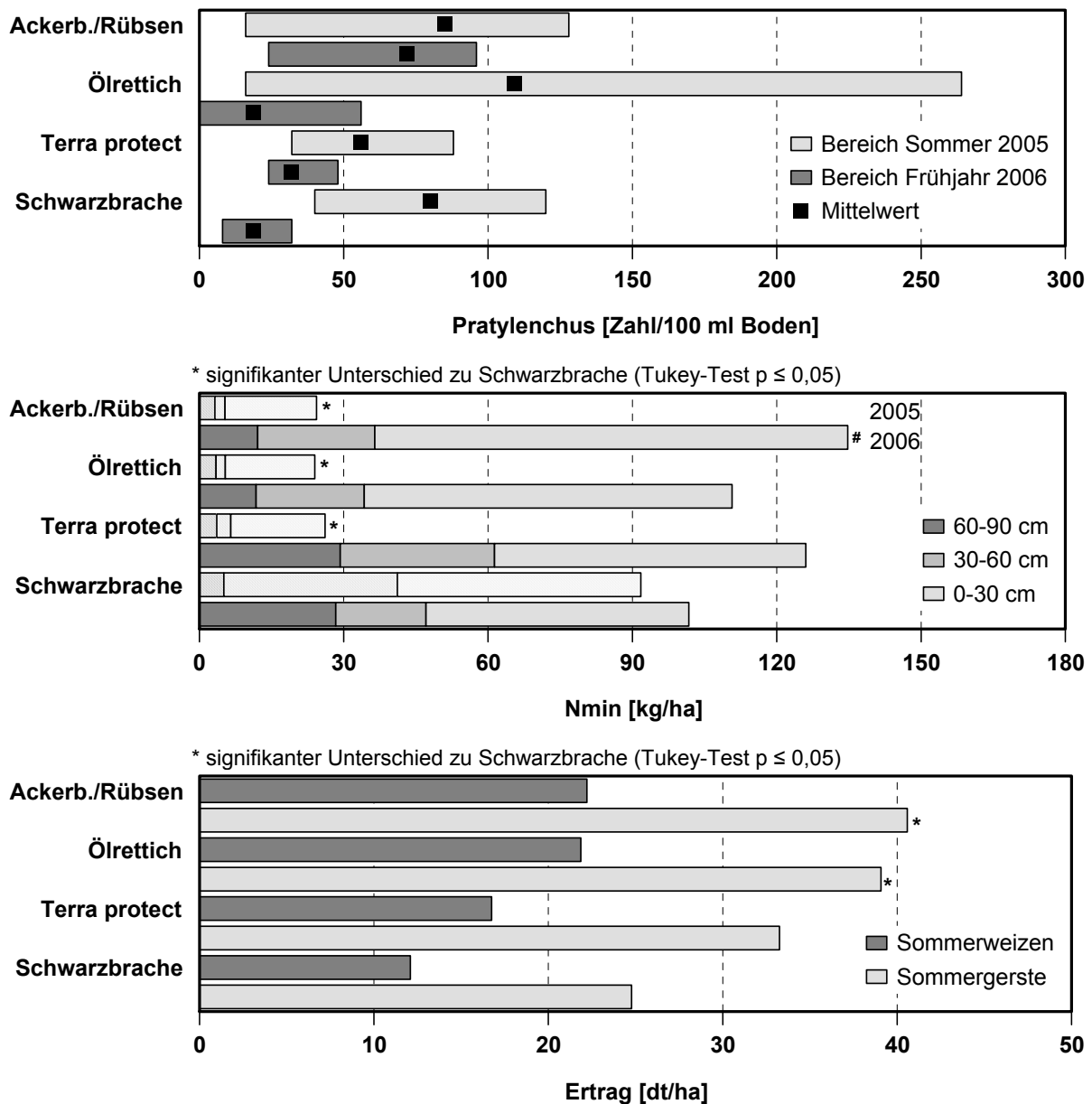


Abbildung 3.5: Ergebnisse aus Versuch B2V2; oben: Besatz mit *Pratylenchus*-Arten vor Versuchsbeginn (2005) & vor Saat des folgenden Sommerweizens (2006); Mitte: Nmin-Mengen November 2005 & März 2006; unten: Sommerweizen- und Sommergerstenertrag 2006

Wie erwartet lagen die Nmin-Werte im Herbst unter Schwarzbrache deutlich höher als unter den Zwischenfrüchten (Abb. 3.5). Die entgegengesetzten Unterschiede im Frühjahr waren weniger stark ausgeprägt als in B2V. Effekte der verschiedenen Maßnahmen auf die nachfolgenden Sommergetreide waren nur bei der Sommergerste zwischen dem geringen Ertrag nach Schwarzbrache und den höheren Erträgen nach Ackerbohnen-Rübsen und Ölrettich statistisch abzusichern (Abb. 3.5). Beim Sommerweizen zeigte sich

die gleiche Abstufung, jedoch auf einem um ca. 50% niedrigeren Niveau. Der Unkrautdruck in den Sommerweizen-Parzellen war insgesamt sehr hoch, während bei der Sommergerste kein nennenswerter Unkrautbewuchs zu verzeichnen war. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Schädigung des Weizens nicht durch mangelnde Nährstoffversorgung verursacht wurde. Der nach Schwarzbrache geringere Getreideertrag kann hingegen mit der niedrigeren N-Versorgung zusammenhängen. Da sich die Unterschiede im *Pratylenchus*-Besatz im Boden nicht im Weizenertrag wieder finden, ist diese Nematodengattung anscheinend auf dieser Teilfläche bei Sommerweizen nicht die Hauptschadensursache. Mit Hilfe der Korrelationsanalyse konnten die Parzellen-Unterschiede im Getreideertrag nur mit der Nmin-Menge im Frühjahr (0-60 cm) in Verbindung gebracht werden (Sommerweizen r 0,64; Sommergerste r 0,76). Es muss auch von einem deutlich schädigenden Einfluss von *Heterodera avenae* auf den Sommerweizen ausgegangen werden, da die einzige Erklärung für das weitaus höhere Ertragsniveau der Sommergerstensorte 'Isotta' ihre *H. avenae*-Resistenz ist.

Um in B2V2 zusätzlich den Einfluss der Nährstoffversorgung im Feld zu prüfen, erfolgte in Kleinparzellen eine Düngung mit Kali und mit Kompost. Es hatte jedoch weder die Düngung mit Patentkali (50 kg K_2O , 17 kg MgO und 28 kg S/ha) noch die Düngung mit Grüngutkompost (40 m^3 /ha) einen Effekt auf die Erträge von Sommerweizen und Sommergerste.

Versuch B17V1: Als Versuchsfläche wurde 2004 eine unregelmäßig geschädigte Teilfläche eines Weizenschlages gewählt. Nach Ernte und Stoppelbearbeitung blieben bis zur Saat des folgenden Dinkels nur vier Monate. Die gesäten bzw. gepflanzten (Tagetes) Zwischenfrüchte bildeten keinen flächendeckenden Bestand und waren stark mit Unkraut und Auflaufgetreide durchsetzt. Die Biomasseproduktion bis zum Herbst blieb gering (Tab. 3.6). Aufgrund von nur zwei Bodenbearbeitungsterminen im Zeitraum Sommer/Herbst wiesen die Schwarzbracheparzellen einen relevanten Unkrautbesatz auf, der jedoch geringer war als in den anderen Varianten. Nach einheitlicher Bodenbearbeitung im Frühjahr wurden die Nematodengehalte ermittelt.

Der Besatz mit *Pratylenchus*-Arten wurde durch alle Varianten bis auf die Schwarzbrache reduziert (Abb. 3.6). Eine schlüssige Erklärung für dieses Ergebnis konnte bisher nicht gefunden werden. Aufgrund des hohen Getreide- und Unkrautbesatzes war eher mit einer Zunahme der *Pratylenchus*-Arten in allen Varianten zu rechnen. Das relativ hohe *Meloidogyne*-Niveau zeigte keine Effekte der unterschiedlichen Maßnahmen (Tab. 3.6). Der Besatz mit *Heterodera avenae* und *Trichodorus*-Arten war insgesamt sehr gering. *Pratylenchus*-Arten und *Tylenchorhynchus dubius* wurden nicht bestimmt.

Wie erwartet lagen die Nmin-Werte im Herbst unter Schwarzbrache deutlich höher als unter den Zwischenfrüchten (Abb. 3.6). Im Frühjahr waren jedoch keine deutlichen Unterschiede mehr zu erkennen. Ein Grund dafür kann der im Vergleich zu den Versuchen auf Betrieb B2 deutlich frühere Umbruchtermin im Dezember sein. Die Erträge des folgenden Dinkels unterschieden sich z.T. stark zwischen den einzelnen Varianten (Abb. 3.6). Während das Ertragsniveau nach Schwarzbrache relativ niedrig war, wurden nach Ölrettich und Tagetes die höchsten Erträge gemessen. Der Unkrautdruck war

insgesamt relativ hoch. Mit Hilfe der Korrelationsanalyse konnten hier die Parzellen-Unterschiede im Dinkelertrag nur mit dem *Pratylenchus*-Besatz im Frühjahr in Verbindung gebracht werden ($r=0,56$). Ein Einfluss der Nährstoffversorgung v.a. in Bezug auf Verluste in der Schwarzbrachevariante ist jedoch nicht ausgeschlossen. Die im Herbst 2006 durchgeführten Stichproben auf dem gleichen Schlag bei Ackerbohnen ergaben neben einem hohen Besatz mit *Meloidogyne*-Arten auch hohe Gehalte an *Pratylenchus*-Arten in den Ackerbohnenwurzeln.

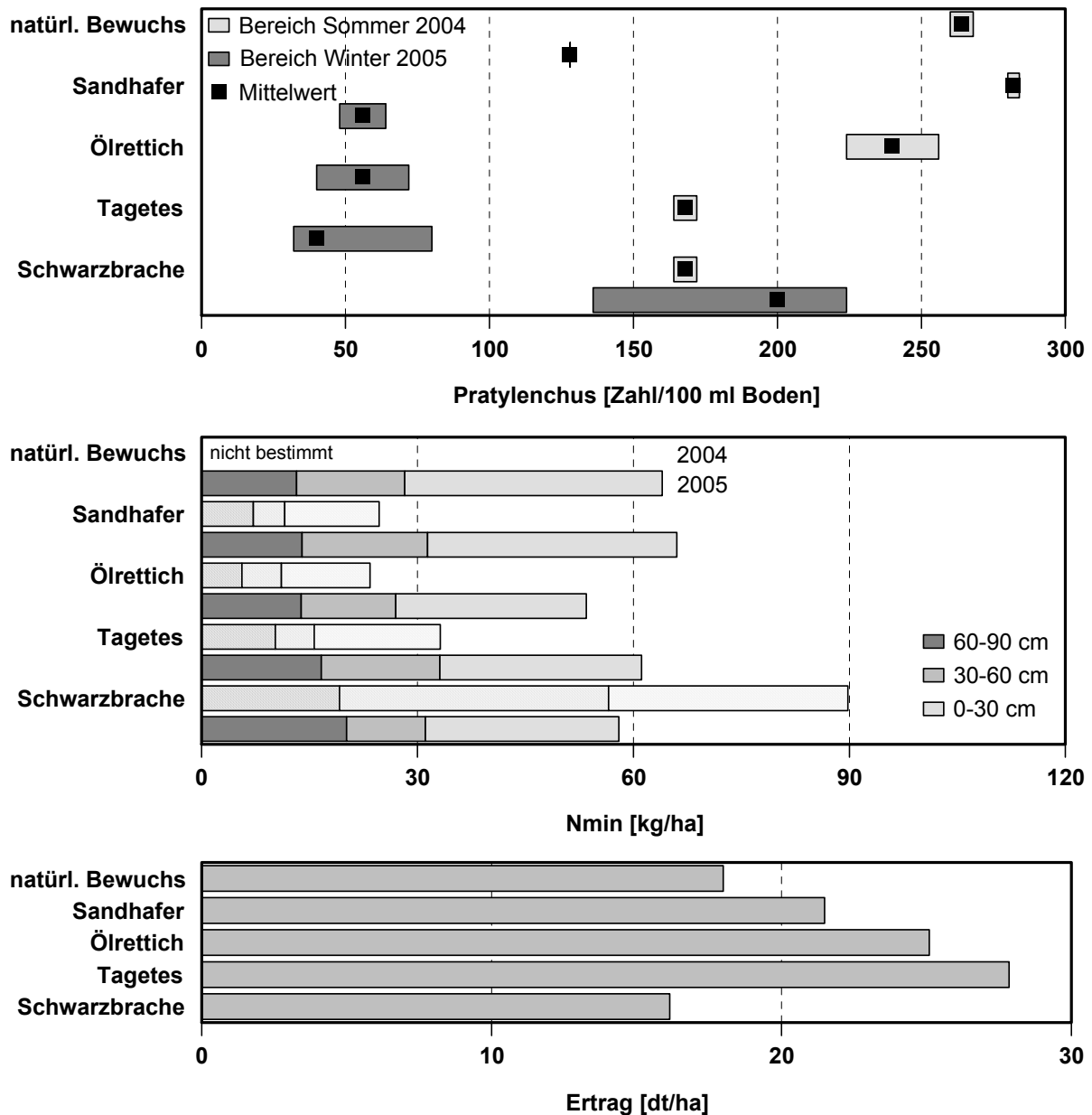


Abbildung 3.6: Ergebnisse aus Versuch B17V1; oben: Besatz mit *Pratylenchus*-Arten vor Versuchsbeginn (2004) und kurz nach Saat des folgenden Dinkels (2005); Mitte: Nmin-Mengen November 2004 & März 2005; unten: Dinkelertrag 2005

Tabelle 3.6: Sprossmasse der Zwischenfrüchte Ende Oktober, Nematodenbesatz vor Versuchsbeginn und vor Saat des folgenden Getreides (A / B) und Ertrag des folgenden Getreides in den einzelnen Versuchen

Versuch B2V1

Variante	Ackerbohne /Rübse	Sandhafer	Ölrettich	Tagetes	Schwarzbrache
Sprossmasse-TM[dt/ha]	29	40	44	73	0
<i>Heterodera avenae</i> ¹	10 / 297 ¹	3 / 354	4 / 486	2 / 496	3 / 161
<i>Meloidogyne spp.</i>	2 / 0	3 / 0	3 / 3	0 / 0	4 / 3
<i>Pratylenchus spp.</i>	108 / 128	192 / 128	157 / 13*	188 / 28	96 / 24
<i>Trichodorus spp.</i>	7 / 53	4 / 16	20 / 19	0 / 4	9 / 5
<i>Paratylenchus spp.</i> ²	59	52	19	64	5
<i>Tylenchorhynchus dubius</i> ²	237	176	155	52	19
Ertrag [dt/ha]	12,3	18,7	9,6	18,5	11,4

¹ 2004 nur freie Larven im Boden, 2005 auch Zysteninhalt!

² nur 2005 bestimmt

* signifikanter Unterschied zu Ackerbohne/Rübsen (Tukey-Test $p \leq 0,05$)

Versuch B2V2

Variante	Ackerbohne/ Rübse	Ölrettich	Terra Protect	Schwarzbrache
Sprossmasse-TM[dt/ha]	34	26	25	0
<i>Heterodera avenae</i> ¹	1270 / 755	1140 / 855	1330 / 500	1065 / 450
<i>Meloidogyne spp.</i>	60 / 65	75 / 110	90 / 150	90 / 115
<i>Pratylenchus spp.</i>	85 / 70	110 / 20	55 / 30	80 / 20
<i>Trichodorus spp.</i> ²	0	0	0	0
<i>Paratylenchus spp.</i>	565 / 345	460 / 330	500 / 300	335 / 170
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	75 / 210	95 / 115	95 / 115	105 / 50
Ertrag ³ [dt/ha]	22 / 41*	22 / 40*	16 / 34	12 / 24

¹ freie Larven im Boden und Zysteninhalt!

² nur 2005 bestimmt

³ Sommerweizen / Sommergerste

* signifikanter Unterschied zu Schwarzbrache (Tukey-Test $p \leq 0,05$)

Versuch B17V1

Variante	natürlicher Bewuchs	Sandhafer	Ölrettich	Tagetes	Schwarzbrache
Sprossmasse-TM[dt/ha]	9,0	18,5	9,5	26,4	0
<i>Heterodera avenae</i> ¹	15 / 10	10 / 10	20 / 10	20 / 5	15 / 30
<i>Meloidogyne spp.</i>	120 / 150	125 / 155	100 / 110	140 / 120	70 / 90
<i>Pratylenchus spp.</i>	265 / 130	285 / 55	240 / 55	168 / 40	184 / 200
<i>Trichodorus spp.</i>	0 / 0	2 / 0	0 / 0	5 / 25	5 / 5
Ertrag [dt/ha]	18,0	21,5	25,1	27,9	16,2

¹ nur freie Larven im Boden, Zysten nicht extrahiert

Fazit: Auch mit Hilfe der Feldversuche konnte die Rolle der freilebenden pflanzenparasitären Nematoden bei den aufgetretenen Schäden im Getreide nicht eindeutig geklärt werden. So ist z.B. ein hoher Besatz mit *Pratylenchus*-Arten nicht immer mit Ertragseinbußen verbunden, was z.T. mit der unterschiedlichen Anfälligkeit von Sommer- und Wintergetreide zusammenhängen kann. Die stark schädigende Wirkung hoher Gehalte an *Heterodera avenae* in Verbindung mit niedrigen Nährstoffgehalten im Boden bei Sommerweizen ist hingegen eindeutig.

Für eine starke Reduzierung von *Pratylenchus*-Arten scheint eine möglichst lange Zeitspanne mit der Zwischenfrucht Ölrettich ('Colonel') eine gute Alternative zu Schwarzbrache und Tagetesanbau zu sein. Der Besatz mit den freilebenden Nematoden *Tylenchorhynchus dubius* und *Paratylenchus*-Arten zeigte jedoch nur bei Schwarzbrache einen deutlichen Rückgang. Aufgrund des geringen Ausgangsbesatzes können keine Aussagen zu den *Trichodorus*-Arten gemacht werden. Die schädigende Wirkung hoher *Heterodera avenae*-Gehalte konnte durch den Anbau einer resistenten Sommergerstensorte umgangen werden.

2.3.4.2 Gefäßversuch zur Problemanalyse

Um die Ursache der Getreideschädigung auf der Versuchsfläche (B2VI) auf Betrieb B2 detaillierter zu analysieren wurde am Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde der BBA in Münster ein Gefäßversuch durchgeführt. Dazu wurde Boden aus dem Versuch entnommen und unterschiedlich aufbereitet. Je Variante wurde in zehn Gefäßen (a'5,3 l Boden) Sommergetreide angesät. Nach der Blüte wurde die Sprossmasse bestimmt sowie Boden und Wurzelproben auf Nematoden untersucht.

Varianten: In zwei 0-Varianten wurden die Sommerweizensorte 'Thasos' (0SW) und die *Heterodera avenae*-resistente Sommergerstensorte 'Isotta' (0SG) in unbehandelten Boden gesät. Bei allen anderen Varianten war Sommerweizen die Testkultur.

Um den Einfluss der Nährstoffversorgung zu prüfen wurde in der Variante B mit einem Mehrnährstoffdünger (4 g Blaukorn® ENTEC® spezial je Gefäß) gedüngt.

Zur Aufklärung eventueller Nematodeneffekte wurden drei Varianten mit unterschiedlichen Methoden zur Nematodenabtötung geprüft. In Variante D wurde der Boden zwei Stunden bei 180°C gedämpft, in Variante F wurde der Boden für fünf Tage bei -18°C eingefroren und in Variante N erfolgte die Einmischung von 0,035g des Nematizids Nemathorin je Gefäß.

In der Variante B&D wurde die Dämpfung mit der Düngung kombiniert.

Ergebnisse & Analyse: Bis auf eine geringe Anzahl *Heterodera avenae* führte das Dämpfen in jedem Fall zu einer vollständigen Abtötung aller Nematoden (Tab. 3.7). Das Einfrieren des Bodens und die Nematizidanwendung hatte bei den meisten Nematoden eine reduzierende Wirkung. Auf die Frostung reagierten besonders *Meloidogyne*- und *Pratylenchus*-Arten empfindlich. Die *Heterodera avenae*-Gehalte lagen erwartungsgemäß bei der gegen diese Nematodenart resistenten Sommergerste niedriger als bei

Sommerweizen. Für die Reduzierung von *H. avenae* in der gedüngten Variante liegt bisher keine schlüssige Erklärung vor. Der Besatz mit *Pratylenchus*-Arten in den Wurzeln lag in den nicht gedüngten oder gefrorenen Böden auf ähnlichem Niveau, obwohl sich die Gehalte im Boden deutlich unterschieden.

Der Ertrag an Getreidebiomasse wurde nur durch die Düngung und die Dämpfung gesteigert (Tab. 3.7). In der kombinierten Variante (B&D) führte die Dämpfung jedoch nicht zu einer weiteren Erhöhung der Biomasseproduktion. Der mit dem Sommerweizenenertrag vergleichbare Ertrag der Sommergerste lässt darauf schließen, dass entgegen den Ergebnissen aus dem Freiland hier *Heterodera avenae* keine große schädigende Wirkung hatte. Auch der Einfluss von *Pratylenchus*-Arten ist wohl gering, da nach dem Einfrieren des Bodens der Besatz im Boden deutlich reduziert war und in den Wurzeln keine Nematoden gefunden werden konnten, der Ertrag jedoch trotzdem auf niedrigem Niveau blieb. Die Interpretation der Ergebnisse aus Dämpfungs- und Frostungsvariante hinsichtlich der Nematoden ergibt nur *Tylenchorhynchus dubius* und – aufgrund des insgesamt geringen Vorkommens – eingeschränkt die *Paratylenchus*-Arten als mögliche Ursachen der Wuchsdepression im Getreide. Dies allerdings auch nur bei niedrigem Nährstoffniveau, da in den gedüngten Varianten kein Effekt der Nematodenabtötung zu erkennen war. Einschränkend muss hierbei auf mögliche Auswirkungen der Dämpfung auf die Nährstoffverfügbarkeit hingewiesen werden. Bei der Untersuchung von Stichproben zeigte sich jedoch kein Effekt auf die verfügbaren Phosphor, Kalium und Magnesium-Gehalte, die N-Mineralisation nach Dämpfung war sogar geringer (Nmin-Untersuchung ohne Bewuchs). Als abgesicherten Effekt kann jedoch nur die ertragssteigernde Wirkung der Düngung bewertet werden.

Tabelle 3.7: Nematodenbesatz nach Versuchsende und Aufwuchsangaben zum Getreide bei Abschluss des Versuchs

	0SW	0SG	B	D	F	N	B&D
Boden [Anzahl/100 ml]							
<i>Heterodera avenae</i> ¹	183 a	65 ab	34 b	17 b	42 b	130 ab	19 b
<i>Meloidogyne spp.</i>	48 a	25 ab	34 a	0 b	0 b	2 b	0 b
<i>Pratylenchus spp</i>	530 b	425 b	995 a	0 c	25 c	150 c	0 c
<i>Paratylenchus spp</i>	145 b	170 ab	260 a	0 c	155 b	70 bc	0 c
<i>Tylenchorhynchus dub.</i>	950 c	1070 c	1760 b	0 d	2740 a	260 d	0 d
Wurzeln [Anzahl/10g]							
<i>Pratylenchus spp</i>	4840	4250	4300	0	0	5880	0
Getreide							
Spross-TM [g/Gefäß]	9,7 c	8,6 c	35,6 a	22,0 b	9,0 c	9,9 c	35,1 a
Halme / Pflanze	1,0 b	1,0 b	2,2 a	1,0 b	1,0 b	1,0 b	2,2 a

¹ freie Larven im Boden und Zysteninhalt!

2.4 Schäden an Körnererbsen auf langjährig ökologischen Flächen

2.4.1 Einleitung und Durchführung

2.4.1.1 Auslöser

Ausgangspunkt dieser Untersuchung waren Berichte von drei Ökobetrieben über den kontinuierlichen Rückgang des Ertragsniveaus von Körnererbsen auf langjährig ökologisch bewirtschafteten Schlägen. Verbunden war der Ertragsrückgang oft mit eher unspezifischen Symptomen am Erbsenspross, sowie mit dem verbreiteten Auftreten degenerierter Wurzeln. Die Erbse ist bekanntermaßen eine empfindliche Kultur die sowohl am Spross als auch an den Wurzeln von einer Vielzahl von Schaderregern bzw. Schädlingen beeinträchtigt werden kann. Dabei können u.a. auch die Fruchtfolgegeschichte, die Witterung, die Bodenstruktur und die Nährstoffsituation im Boden eine große Rolle spielen. Daraus folgt, dass es in der Praxis – besonders bei unspezifischen Schadsymptomen – schwierig ist, die Ursachen von Schäden bzw. eines langfristigen Ertragsrückgangs zu identifizieren.

Auf Basis der oben genannten Problembeschreibung wurde in Zusammenarbeit mit Experten ein Untersuchungskonzept entwickelt. Von Seiten der Wissenschaft konnten insbesondere Prof. Dr. Bernhard Carl Schäfer und Oliver Pflughöft von der Fachhochschule Südwestfalen, Soest für eine intensive Zusammenarbeit gewonnen werden.

2.4.1.2 Fragestellungen

- Welche Faktoren können mit dem langfristigen Ertragsrückgang bei Körnererbsen bzw. den aufgetretenen Schädigungen in Zusammenhang gebracht werden?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen der Bewirtschaftung und den Schadensursachen?
- Welche Ansätze zur Lösung der Probleme können gefunden werden?

2.4.1.3 Material und Methoden

Soweit nicht anders vermerkt, wurden die Tätigkeiten durch Projektmitarbeiter oder beteiligte Betriebleiter ausgeführt.

Schläge und Messpunkte: Obwohl es eine Vielzahl von Ökobetrieben gibt, bei denen der Erbsenanbau problematisch ist, konnten im begrenzten Rahmen dieses Projekts nur die drei oben erwähnten Betriebe untersucht werden. Insgesamt wurden dort in den Jahren 2004 bis 2006 zwölf Erbsenschläge oder -teilschläge geprüft.

Im Jahr 2005 erfolgte zusätzlich auf allen Betrieben der Anbau von Teststreifen mit einer Vergleichssorte ('Santana', konventionelles Z-Saatgut, ungebeizt). Bei Betrieb B18 war eine Auswertung dieser Teststreifen allerdings nicht möglich. Auf Betrieb B20 wurde zusätzlich auch ökologisches Z-Saatgut der Sorte 'Santana' geprüft.

Auf allen ausgewählten Schlägen oder Teilschlägen wurden Messpunkte festgelegt. In heterogenen Beständen lagen diese jeweils in einem geschädigten und einem weniger geschädigten Bereich. Bei gleichmäßigen Beständen wurden für die untersuchte Fläche

charakteristischen Areal gewählt. Insgesamt wurde somit beim Projektteil Körnererbsen nicht auf jedem Betrieb bzw. Schlag nach einem einheitlichen Schema vorgegangen, sondern jeweils die spezifischen Betriebs- bzw. Schlagvoraussetzungen berücksichtigt. Im Stadium der Blüte wurden im Umkreis weniger Meter um die Messpunkte Boden- und Pflanzenproben (Spross und Wurzel) entnommen sowie Bestand und Boden visuell begutachtet. In den meisten Fällen erfolgte kurz vor der Ernte auch die Ermittlung des Ertrages. Sowohl Erntegut-, als auch Proben des eingesetzten Saatgutes wurden für weiterführende Untersuchungen verwendet. Die Prüfung mehrerer Wiederholungen je ausgewähltem Areal war aufgrund des begrenzten Budgets im Projekt und der begrenzten Kapazitäten bei der Analyse der Erbsenkrankheiten nicht möglich.

Standort-, Betriebs- und Bewirtschaftungsangaben: Die Betriebsleiter wurden nach Angaben zu Fruchtfolge, Düngung, Strohverbleib, Klee grasmanagement, Ackerzahl und Standortbesonderheiten je Schlag (möglichst für 10 oder mehr Jahre) sowie nach allgemeinen Informationen zum gesamten Betrieb befragt.

Beprobung: Im Stadium der Erbsenblüte wurden an den Messpunkten Boden- (25 cm) und Pflanzenproben (ca. 10 Pflanzen, Spross & Wurzel) entnommen. Der Transport der Pflanzen erfolgte gekühlt. Für die Bestimmung chemischer und physikalischer Bodenparameter wurden die Proben luftgetrocknet.

Die Ertragsermittlung erfolgte kurz vor dem Erntetermin per hand von 1 bis 2 m² (Einzelpflanzendreschmaschine).

Die Proben von den einzelnen Messpunkten wurden auf eine Reihe von Parametern untersucht (Tab. 4.1). Beim Spross der entnommenen Pflanzen erfolgt eine visuelle Bonitur auf Krankheitssymptome. Das eingesetzte Saatgut, das Erntegut und die Wurzelproben wurden mit Labormethoden auf pilzliche Schaderreger untersucht. Bei den Bodenproben erfolgte u.a. eine Analyse auf verfügbare Makro- und Mikronährstoffe. Da die Sprosssymptome in vielen Fällen relativ unspezifisch waren, aber geschädigte Pflanzen meist deutliche Wurzelschädigungen aufwiesen, wurde der Schwerpunkt der Analysen auf die Bereiche Saatgut, Erbsenwurzel und -stängelgrund sowie den Boden gelegt. Eine ausführliche Darstellung der Methoden findet sich im Anhang.

Tabelle 4.1: Kenngrößen der Analyse von Boden- und Pflanzenstichproben

Bodenchemische Größen	Schaderreger
pH-Wert	Visuelle Bonitur am Spross:
Organische Substanz (OS)	<i>Peronospora pisi</i> (Falscher Mehltau)
C/N-Verhältnis der OS	<i>Uromyces pisi-sativi</i> (Erbsenrost)
verfügbare Nährstoffe:	<i>Ascochyta</i> Arten (Brennfleckenkrankheit)
Phosphor (P ₂ O ₅)	Laboruntersuchung zur Identifizierung von Fußkrankheitserregern an stängelbasis / Wurzeln & Körnern:
Kalium (K ₂ O)	
Magnesium (Mg)	<i>Ascochyta pisi</i>
Bor (B)	<i>Ascochyta pinodes</i>
Kupfer (Cu)	<i>Ascochyta pinodella</i>
Mangan (Mn)	<i>Fusarium</i> Arten
Zink (Zn)	

Ermittlung physikalischer & chemischer Bodenparameter: Die Bestimmung der Bodenart erfolgte durch eine Fingerprobe (TUM, Bioanalytik Weihenstephan), bei allen anderen Parameter wurden die in Kapitel 2.2.1.4 beschriebenen Methoden verwendet.

Bestimmung von Erbsenpathogenen an der Pflanze (durch Fachhochschule Südwestfalen, Soest, Fachbereich Agrarwirtschaft): Qualitative Bonitur am Spross erkrankter Erbsenpflanzen im Labor (Stereomikroskop bei 20-80facher Vergrößerung) auf alle bedeutenden Krankheitserreger nach charakteristischen Symptomen. Isolierung von Erregern an Wurzel- und Stängelbasis auf unterschiedlichen Nährmedien, Bestimmung anhand morphologischer Charakteristika (ausschließlich qualitativ).

Bestimmung von Erbsenpathogenen an Körnern (durch BBA, Klein Machnow): Auslegen von 400 Körnern je Probe auf PDA+ (24h NUV-Licht). Quantitative und qualitative Bonitur auf Befall nach 7 Tagen und auf Keimung nach 9 Tagen.

Humus- und N-Bilanzen: Wie in Kapitel 2.2.1.4.

Auswertung: Für eine grobe Einschätzung des jeweiligen Bewirtschaftungssystems und um einen Vergleich mit den anderen im gesamten Projekt untersuchten Betrieben zu ermöglichen wurden für die Betriebe durchschnittliche Humus und N-Bilanzen berechnet. Dabei beruhen jedoch viele Berechnungsgrundlagen auf Schätzungen, so dass die Ergebnisse der Bilanzen nur als grobe Hinweise zu werten sind (siehe auch Beschreibung von Material und Methoden im Anhang). Deutlich negative Bilanzsalden sind ein Zeichen für die Möglichkeit eines langfristigen Abbaus des Humus- bzw. des N-Vorrates im Boden. Stark positive Salden sind hingegen ein Anhaltspunkt für den Zuwachs von Humus- und N-Gehalt, können aber z.B. bei der N-Bilanz auch ein Hinweis auf erhöhte N-Verluste, z.B. durch Nitratverlagerung, sein. Eine Reihe von Experten geht davon aus, dass die hier verwendete Humusbilanzmethode eher zu hohe Salden liefert, anerkannte exaktere Methoden sind zur Zeit jedoch nicht verfügbar.

Für die Ermittlung möglicher Schadensursachen mit Hilfe der Messpunktuntersuchung wurden jeweils die Analysenwerte der unterschiedlich stark geschädigten Bereiche eines Schlages bzw. verschiedener Schläge miteinander verglichen, sowie das Niveau an den einzelnen Punkten bewertet. Beim pH-Wert und den Nährstoffgehalten dienten die Gehaltsklassen der LUFA dafür als Anhaltspunkt. Werte, die in Klasse A oder an der Grenze zu Klasse A lagen wurden als potentielle Mitursachen für Wachstumsstörungen bewertet. Eine Analyse der Schaderreger an Spross und Wurzel war nur qualitativ möglich, d.h. Aussagen zur Intensität des Befalls wurden nicht getroffen. Beim Schaderregerbesatz am Saat- und Erntegut wurde jeweils der Prozentsatz befallener Körner bestimmt. Nach dem amtlichen Saatgutankennungsverfahren ist nur der Besatz mit *Ascochyta*-Arten (Fuß- und Brennfleckenkrankheiten) geregelt, ungebeizt ist die Anerkennung nur bei einem maximalen Befall von 30% zulässig. Die Gefahr, die von einer Saatgutbelastung ausgeht, ist im Ökolandbau aufgrund fehlender effektiver Saatgutbehand-

lungungsverfahren weitaus größer ist als im konventionellen Ackerbau. Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde in dieser Studie schon ein Befall von über 3% je *Ascochyta*-Art bzw. *Fusarium*-Arten als problematisch angesehen. Zwar ist in diesem Bereich nicht unbedingt mit deutlichen akuten Schädigungen zu rechnen, durch die Vermehrung der Schaderreger im Erbsenbestand und die Überdauerung im Boden sind jedoch langfristig relevante Beeinträchtigungen möglich. Eine überbetriebliche Verrechnung bzw. statistische Auswertung der Ergebnisse wurde nicht vorgenommen, da die Datengrundlage hierfür nicht ausreichend ist.

2.4.1.4 Betriebe und Schläge im Überblick

Betriebe: Die ausgewählten Betriebe liegen alle im süddeutschen Raum (Abb. 4.1). Sowohl beim Klima, als auch beim Boden variieren die Standortbedingungen jedoch z.T. deutlich (Tab. 4.2). Auf keinem Betrieb wurden Schläge untersucht, die eine Bodenart leichter als sandigen Lehm aufweisen. Die Bodentypen reichen von Auenböden, Braunerden und Parabraunerden bis hin zu Pelosolen. Die Ackerzahlen in Tabelle 4.2 bieten einen zusammenfassenden Überblick über die Standortvoraussetzungen.

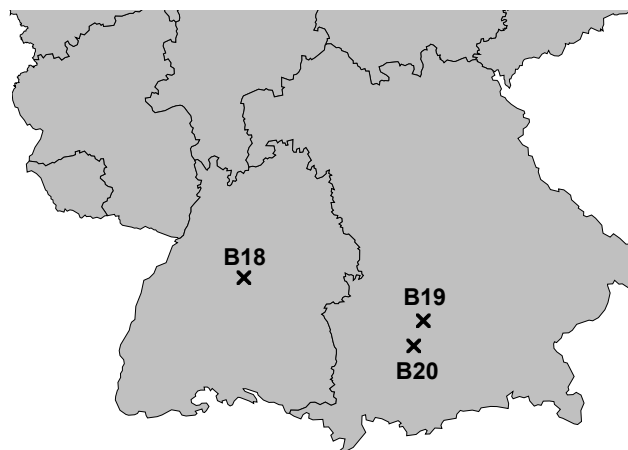


Abbildung 4.1: Geographische Lage der Betriebe B18 bis B20 (Süddeutschland)

Alle drei Betriebe wirtschaften vieharm oder viehlos mit dem Schwerpunkt Marktfruchtproduktion. Auf einem Betrieb werden intensiv Kartoffeln angebaut, auf den beiden anderen sind Körnerfrüchte der Produktionsschwerpunkt. Nur auf Betrieb B19 lag der Anbauanteil an Erbsen bzw. Körnerleguminosen in der Vergangenheit z.T. auf einem kritisch zu bewertenden Niveau hinsichtlich möglicher Fruchtfolgekrankheiten. In der veränderten Zielfruchtfolge wurde der Anteil deutlich gesenkt (Tab. 4.2)

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass der Untersuchung keine für den Ökolandbau repräsentative Umfrage zu Grunde liegt. Aus dem Spektrum der ausgewählten Betrieb kann somit nicht ohne weiteres auf eine besondere Schadensanfälligkeit der entsprechenden Bewirtschaftungssysteme geschlossen werden.

Tabelle 4.2: Ausgewählte Standort- und Bewirtschaftungsmerkmale der drei Betriebe
(Fruchtanteile: Betriebsdurchschnitt)

	Betrieb		
	B18	B19	B20
Höhe [m ü. NN]	350	500	625
Ø Temperatur [°C]	9,2	8,3	8,4
Ø Niederschlag [mm/a]	600	920	990
Ø Ackerzahl	30-85	38-70	60-75
Ökologisch seit	1974	1989	1994
Viehbesatz [GV/ha]	0,1	0,0	0,0
Ø Klee grasanteil ¹ [%]	20	20	26
Ø Getreideanteil [%]	62	24	64
Ø Hackfruchtanteil [%]	4	24	0
Ø Körnerleg.-anteil [%]	14	13	10

¹ Klee grashauptfrucht (Futter & Gründüngung) bzw. andere feinsamige Leguminosen

2.4.2 Betriebsübergreifende Darstellung und Fazit

2.4.2.1 Symptome

Die Erbsenbestände auf den untersuchten Schlägen variierten von gesund und wüchsig bis hin zu stark geschädigt. Einzelne Flächen wurden aufgrund der Schädigung noch vor der Ernte umgebrochen. Da die Beprobung auf allen Schlägen im Stadium der Blüte (Mitte bis Ende Juni) stattfand, war die visuelle Beurteilung der verschiedenen Bestände gut vergleichbar. Die Schäden an den Erbsen traten sowohl nester- oder streifenweise, als auch auf großen Teilflächen oder ganzen Schlägen auf. Am Spross der geschädigten Erbsenpflanzen waren meist nur relativ unspezifische Symptome zu erkennen, d.h. die Pflanzen wiesen keinen sichtbar starken Befall mit Sprosskrankheiten, wie z.B. Echter Mehltau, Erbsenrost, *Fusarium*-Welke und Brennfleckenkrankheit auf. Die beeinträchtigten Pflanzen waren z.T. deutlich kleiner als gesunde Erbsen, oft mit von unten vergilbenden Blättern. Sie wiesen weniger oder keine Verzweigungen auf und hatten einen geringeren Blütenansatz. Auch die Bestandesdichte war z.T. deutlich reduziert. Bei allen geschädigten Pflanzen und z.T. auch bei Pflanzen ohne oberirdische Symptome zeigten die Wurzeln eine braune bis schwarze Färbung und unterschiedliche Stadien der Degeneration, d.h. eine geringe Anzahl an Seitenwurzeln und einen geringen Knöllchenbesatz. Die Unkräuter waren in den geschädigten Bereichen meist deutlich dichter und höher als in gesunden Erbsen.

2.4.2.2 Ursachen

Ertragseinbußen bei Erbsen können durch eine Vielzahl von Krankheiten und Schädlingen ausgelöst werden. Aufgrund der sich langfristig entwickelnden Wuchsdepressionen und der beobachteten Symptome auf den untersuchten Schlägen kommen für die Schädigungen an den Erbsen vor allem Fußkrankheiten bzw. Bodenfaktoren in Frage. Beeinträchtigungen durch Krankheiten bzw. Schädlinge am Spross spielten wahrscheinlich nur eine untergeordnete Rolle. So wurde zwar an der Hälfte aller Sprossproben ein Befall mit *Ascochyta*-Arten (Brennfleckenkrankheiten) festgestellt, dieser jedoch nicht als Hauptursache der Schädigungen identifiziert.

Hinweise auf einen Einfluss chemischer Bodeneigenschaften (z.B. Nährstoffgehalte, pH-Wert) sind nur in wenigen Fällen erkennbar. Dabei lagen die Nährstoffe Phosphor, Magnesium, Zink und/oder Bor auf sehr niedrigem Niveau. Die meisten der untersuchten Schläge weisen hingegen sehr hohe Manganwerte auf. Dies kann ein Hinweis auf starke Verdichtungen und/oder Staunässe im Boden sein und bestätigt damit die an vielen Messpunkten beobachtete kompakte Bodenstruktur. Eine Beteiligung der oft ungünstigen Bodenstruktur an den Schädigungen der Erbsen erscheint wahrscheinlich. Als alleinige Ursache kommt sie hingegen nicht in Frage, da auf einzelnen Schlägen auch bei ungünstiger Bodenstruktur hohe Erbsenerträge erreicht wurden.

An allen Messpunkten, auch in nur schwach oder ungeschädigten Erbsenbeständen, wurden Erreger von Fußkrankheiten an den Wurzeln festgestellt. *Ascochyta pinodella* trat in jeder Probe auf, *Ascochyta pinodes* und *Fusarium*-Arten wurden jeweils an über der Hälfte der Punkte festgestellt. Aus den Ergebnissen ist anders als erwartet kein klarer Zusammenhang vom Auftreten der Schaderreger mit dem Grad der Erbsenschädigung (Abb. 4.2) oder dem Erbsenanteil in der Fruchtfolge bzw. dem zeitlichen Abstand zur letzten Erbsenvorfrucht zu erkennen. Nur der Besatz mit *Ascochyta pinodes* ist in geschädigten Bereichen deutlich häu-

figer vertreten als in ungeschädigten. Bei der Untersuchung der Wurzelproben konnten zwar die Schaderreger identifiziert werden, es war jedoch nicht möglich, festzustellen ob und welche Schaderreger in welchem Maße an Schädigungen der Erbsen beteiligt waren. Aber auch bei der quantifizierbaren Größe "Schaderregerbesatz am Erntegut" ist kein Zusammenhang mit der Erbsenschädigung und der Vorfruchtgeschichte erkennbar. Einzelne Schläge mit weitem zeitlichen Abstand zum letzten Erbsenanbau zeigten erwartungsgemäß kaum Schadsymptome, obwohl auch dort Erreger gefunden wurden. Ein Einfluss anderer Leguminosen in der Fruchtfolge auf den Schaderregerbesatz konnte hier nicht geprüft werden.

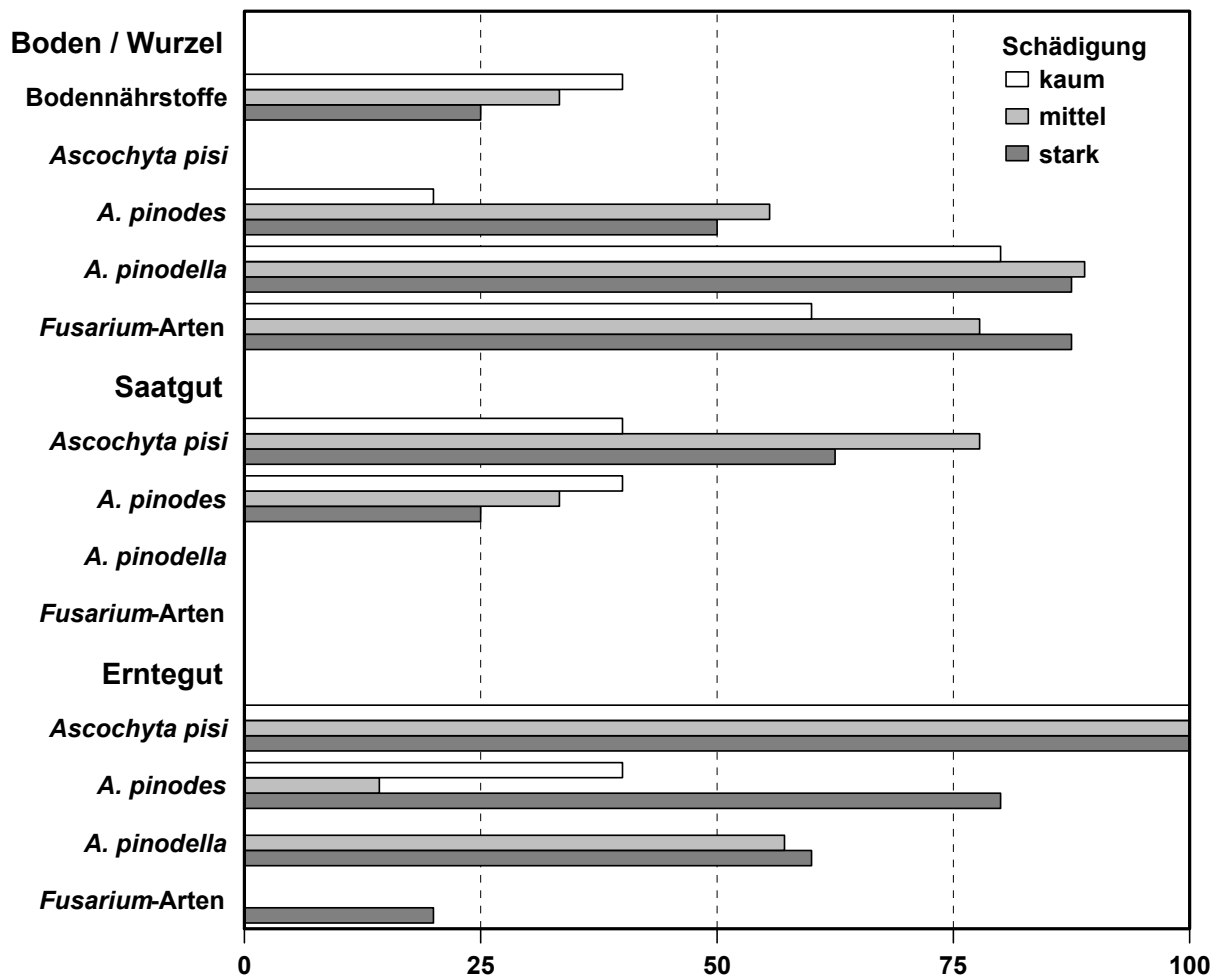


Abbildung 4.2: Boden / Wurzel: Anteil der Messpunkte (%) an denen Schaderreger bzw. geringe Nährstoffgehalte aufgetreten sind, gruppiert nach unterschiedlicher Erbsenschädigung; Saatgut & Erntegut: Anteil der Messpunkte (%) an denen ein Schaderregerbesatz der Körner über 3% auftrat, gruppiert nach unterschiedlicher Erbsenschädigung

Bei einer Reihe von Ergebnissen zeigt sich ein Zusammenhang zwischen dem Schaderregerbesatz des eingesetzten Saatgutes und dem Grad der Schädigung bzw. dem Besatz am Erntegut (siehe z.B. Betrieb B20). Dabei fällt auf, dass am Saatgut *Ascochyta pisi* den höchsten Stellenwert einnimmt, während diese *Ascochyta*-Art an den Wurzeln nicht gefunden wurde (Abb. 4.3). Umgekehrt ist der Besatz des Saatgutes mit dem an jeder Wurzelprobe gefundenen *Ascochyta pinodella* durchweg sehr gering. Die Symptome weisen in vie-

len Fällen Fußkrankheiten als hauptsächliche Schadensursache aus, trotzdem scheint der Saatgutbesatz mit v.a. *Ascochyta pisi* – der vor allem den Spross schädigt und nur seltenen im Fußbereich auftritt – ein wichtiger Faktor der Schädigung zu sein. Für diese Diskrepanz konnte bisher keine Erklärung gefunden werden.

Der Besatz von Saat- und Erntegut mit Fusarien lag bei fast allen Proben auf sehr niedrigem Niveau. Auch wenn die Ergebnisse nicht immer stimmig sind, scheint der Faktor Schaderregerbesatz des Saatgutes doch oft einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der Erbsenbestände gehabt zu haben. Besonders erwähnenswert ist, dass auch einzelne Basis oder Z-Saatgut-Partien einen relevanten Besatz mit *Ascochyta*-Arten aufwiesen, bei einer Partie wurde sogar der Grenzwert von 30% (amtliche Saatgutenerkennung) fast erreicht (Abb. 4.3). Aus den Ergebnissen wird auch deutlich, dass die Ernteproben bzw. die im Nachbau eingesetzten Parteien im Durchschnitt den höchsten Besatz aufwiesen.

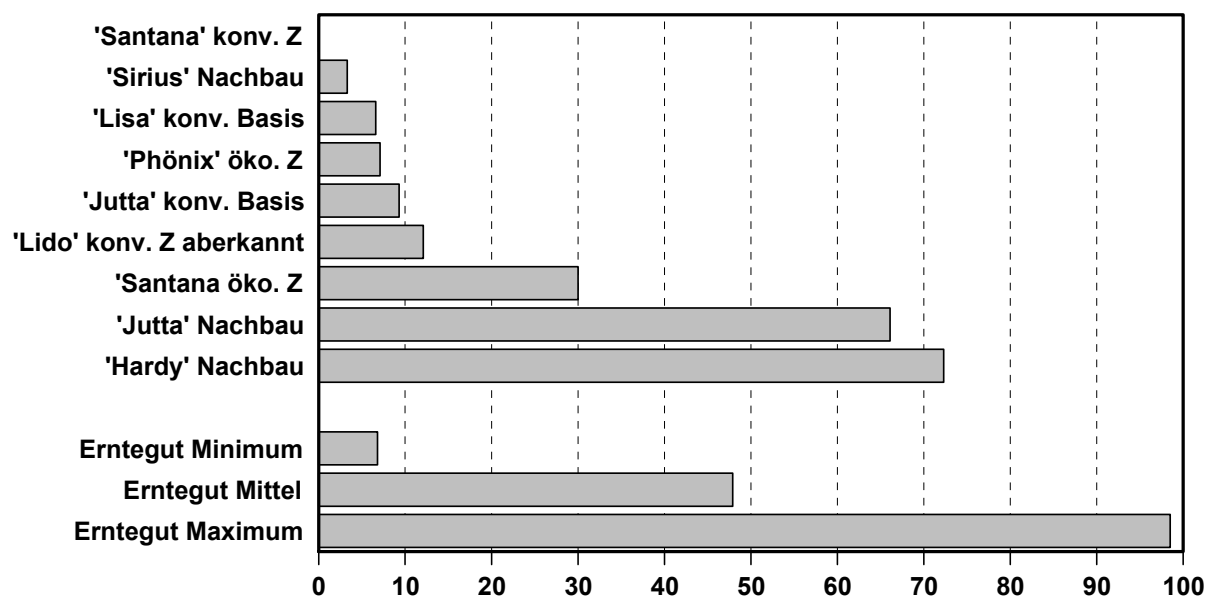


Abbildung 4.3: Besatz der eingesetzten Saatgutpartien und von Erntegutproben mit *Ascochyta*-Arten in %

Insgesamt können mit den durchgeführten Untersuchungen keine eindeutigen, klar abgegrenzte Ursachen der Erbsenschäden nachgewiesen werden. Das liegt nicht nur an den komplexen Verhältnissen im System Boden/Pflanze und den vielfältigen Schaderregern, sondern auch daran, dass die einzelnen Schaderreger z.T. nur schwer zu identifizieren sind und eine Zuordnung von Schäden kaum möglich ist. Die Ergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass die Schädigungen im Fußbereich der Erbsen meist durch einen Ursachenkomplex aus *Ascochyta*- und *Fusarium*-Arten sowie z.T. zusätzlich aus ungünstigen Bodeneigenschaften ausgelöst wurden. Wesentlich erscheint der Besatz des Saatgutes mit *Ascochyta*-Arten, der wohl im Ökolandbau auch schon bei Werten deutlich unter den erlaubten 30% (amtliche Anerkennung von Saatgut) relevant sein kann. Aussagen zu Anbaupausen bei Erbsen sind aus den vorliegenden Ergebnissen nicht abzuleiten. Auch der interessanten Frage, inwieweit

der Anbau anderer Leguminosenarten die Schädigungen durch Fußkrankheiten an Erbsen fördert, konnte hier nicht nachgegangen werden. Deutlich wird nur, dass auf Schlägen ohne Erbsenanbau in der längerfristigen Vergangenheit (> 15 Jahre) die Erbsen besser stehen als bei regelmäßiger Erbsenproduktion.

2.4.2.3 Fußkrankheiten an Erbsen, Ursachen und Regulierungsmaßnahmen

Im Folgenden werden einzelne Schaderreger von Fußkrankheiten an Erbsen kurz beschrieben und Maßnahmen zur Regulierung diskutiert. Dieses Kapitel kann und soll keine umfassende Darstellung dieser Problematik sein, hierzu wird auf die einschlägige Literatur verwiesen (siehe Kap. Literatur). Im weiteren Verlauf wird hingegen versucht vor dem Hintergrund der im Projekt untersuchten Sachverhalte, wesentliche Aspekte des derzeitigen Erkenntnisstandes herauszugreifen.

Schaderreger von Fußkrankheiten: An der Verursachung von Schadsymptomen im Bereich der Wurzel und des Stängelgrunds können bei der Erbse eine Vielzahl von Schaderregern beteiligt sein. Neben den hier behandelten pilzlichen Erregern können z.B. auch Nematoden und die Larven von Blattrandkäfern zu Beeinträchtigungen führen. Im Folgenden werden einige wesentliche Informationen zu den im Projekt ermittelten Pilzen der Gattungen *Ascochyta* und *Fusarium* aufgeführt. Da dem Erreger der *Aphanomyces*-Wurzelfäule in Mitteleuropa eine zunehmende Bedeutung beigemessen wird, sind auch Informationen hierzu enthalten.

Ascochyta pisi wird nur sehr selten im Fußbereich von Erbsen gefunden. Er verursacht meist die typischen Brennfleckensymptome am Spross der Pflanzen. Da dieser Pilz kaum im Boden überdauern kann, ist die Übertragung mit dem Saatgut von großer Bedeutung. Vor allem in regenreichen Sommern kann *A. pisi* zu ausgeprägten Schäden am Spross führen. Neben der Erbse könne auch Arten aus den Gattungen *Lathyrus* (z.B. Platterbse) und *Vicia* (z.B. Wicken) befallen werden. Im Vergleich zu den beiden anderen *Ascochyta*-Arten wird seine wirtschaftlich Bedeutung geringer eingestuft. Im Ökolandbau ist diese Einschätzung in Frage zu stellen, da das Saatgut nicht wie in der konventionellen Landwirtschaft gebeizt werden kann und effektive, zugelassene Saatgutbehandlungsmethoden zur Zeit nicht zur Verfügung stehen.

Ascochyta pinodes (Hauptfruchtform: *Mycosphaerella pinodes* genannt) tritt v.a. als Erreger von Fußkrankheiten auf, kann aber auch am Spross Brennfleckensymptome hervorrufen. Dieser Pilz kann auf Pflanzenresten und im Boden mehrere Jahre überdauern und von dort Erbsenpflanzen befallen, aber auch die Übertragung mit dem Saatgut spielt eine wichtige Rolle. Der mögliche Saatgutbesatz ist neben der direkten Schädigung des aktuellen Bestandes auch vor dem Hintergrund einer Ausbreitung auf noch nicht belastete Flächen von Bedeutung. Neben der Erbse können auch Arten aus den Gattungen *Lathyrus* (z.B. Platterbse), *Vicia* (z.B. Wicken) und Buschbohnen befallen werden.

Ascochyta pinodella (auch *Phoma medicaginis* var. *pinodella* genannt) tritt wie *A. pinodes* v.a. als Ursache von Fußkrankheiten auf, aber auch Brennfleckensymptome am Spross sind möglich. *A. pinodella* kann auf Pflanzenresten und im Boden überdauern und

wurde auf einzelnen Schlägen noch nach mehr als 10 Jahren ohne Erbsenanbau gefunden. Eine Übertragung mit dem Saatgut ist auch bei diesem Pilz möglich. Neben der Erbse kann *A. pinodella* ebenfalls Futterleguminosen (z.B. Luzerne & Rotklee) befallen.

Fusarium-Arten können sowohl Schädigungen im Fußbereich als auch Welkeerscheinungen am Spross auslösen. Für die Fußkrankheiten wird v.a. die Art *Fusarium solani* f. sp. *pisi* verantwortlich gemacht, die auch im Komplex mit *F. oxysporum* f. sp. *pisi* auftreten kann. *F. solani* f. sp. *pisi* kann im Boden viele Jahre überdauern. Über eine Kontamination der Samen bei der Ernte wird auch die Übertragung mit dem Saatgut möglich. Das Ausmaß der Infektion und der Ertragsreduktion hängt stark vom Stressniveau ab, dem die Erbsenpflanzen ausgesetzt sind, ab. So führen z.B. Bodenverdichtungen und eine ungünstige Wasserversorgung zu einer erhöhten Infektion. Auch Beschädigungen der Wurzeln, z.B. durch Nematodenbefall fördern die *Fusarium*-Infektion. Eine relevante Schädigung der Erbsen tritt nur auf, wenn ein Großteil der Wurzeln befallen ist. Beide genannten *Fusarium*-Arten sind weitgehend auf Erbsen als Wirtspflanzen beschränkt.

Aphanomyces euteiches kann bei Befall der Erbsen eine Wurzelfäule verursachen. Die Bedeutung der Krankheit in Mitteleuropa nimmt zu. *A. euteiches* kann im Boden viele Jahre überdauern, von einer Übertragung des Erregers mit dem Saatgut wird nicht berichtet. Die Infektion mit *A. euteiches* wird durch Bodenverdichtungen gefördert. Starke Schädigungen durch den, von der Wurzelfäule ausgelösten Wasserstress werden v.a. in warmen, trockenen Perioden sichtbar. *A. euteiches* kann auch eine Reihe anderer Leguminosen, wie z.B. Luzerne, Acker- und Buschbohnen sowie Wicken befallen. Bei Kleearten wird sowohl von einem Befall, als auch vom Ausbleiben einer Infektion berichtet.

Ursachenkomplexe: Oft wird in der Praxis beim Auftreten von Fußkrankheiten an Erbsen von einem Ursachenkomplex berichtet, d.h. verschiedene Schaderreger und oft auch Umweltbedingungen führen zusammen zu den beobachteten Symptomen. Wissenschaftliche Untersuchungen, bei denen solche Komplexe unter Praxisbedingungen untersucht wurden, sind selten. Für Systeme, die nach den Grundsätzen des Ökolandbaus betrieben werden, konnten hierzu keine Ergebnisse gefunden werden. Man kann jedoch davon ausgehen, dass bei solchen Komplexen oft nicht nur eine Summierung verschiedener Schadefekte stattfindet, sondern sich die einzelnen Erreger auch gegenseitig beeinflussen. Es ist somit – wie bei den vorliegenden Beispielen – oft nicht möglich den Einfluss unterschiedlicher Faktoren zu isolieren und zu gewichten.

Für die Wechselwirkungen zwischen Umwelteinflüssen und Schaderregerbefall gibt es eine Reihe von Beispielen, wie z.B. die Förderung von *Fusarium*-Befall durch Bodenverdichtungen oder eine ungünstige Wasserversorgung der Pflanze.

Ein Beispiel für Interaktionen zwischen verschiedenen Schaderregern ist die Steigerung der Infektiosintensität mit Pilzkrankheiten bei gleichzeitigem Befall mit Wurzelnematoden. Da z.B. auch die Larven von Blattrandkäfern die Wurzeln verletzen, ist hier ein ähnlicher Effekt zu erwarten. Ferner gibt es Hinweise darauf, dass sich verschiedene Pilzgattungen bzw. -arten beim Befall von Erbsenwurzeln gegenseitig beeinflussen können.

In einer niederländischen Studie wurde versucht, die komplexen Mechanismen beim Auftreten von Fußkrankheiten auf konventionellen Praxisflächen zu analysieren. Überraschenderweise zeigte sich dort, dass die Zusammensetzung des mikrobiellen Bodenlebens den größten Einfluss auf das Ausmaß der Schädigung durch Fußkrankheiten

hatte. Die physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften sowie die Fruchtfolge (Erbsenanteil) hatten im Vergleich dazu einen deutlich geringeren Einfluss. Es wird daraus geschlossen, dass es in der Praxis Standorte gibt, die eine unterschiedliche Empfindlichkeit, bzw. Suppressivität, gegenüber bestimmten Schaderregern aufweisen. Untersuchungen über die Ursachen dieser unterschiedlichen mikrobiellen Zusammensetzung liegen bisher nicht vor.

Insgesamt wird deutlich, dass in der Praxis meist mit keiner einfachen und eindeutigen Identifikation der Ursachen von Fußkrankheiten bei Erbsen zu rechnen ist. Hinzu kommt noch, dass bei vielen Erregern eine eindeutige Bestimmung schwierig oder sehr aufwändig ist.

Für eine bessere Einschätzung des Systems Schaderregerkomplex-Erbse hinsichtlich verschiedener Standort-, Umwelt- und Bewirtschaftungsbedingungen sind Forschungskonzepte zur praxisnahen Prüfung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen im Rahmen des Ökolandbaus wünschenswert. Dabei sollten möglichst viele Faktoren berücksichtigt werden.

Regulierungsmaßnahmen: Aufgrund der meist komplexen Natur von Fußkrankheiten an Erbsen werden im Folgenden nicht explizit Maßnahmen gegen einzelne Schaderreger aufgeführt, sondern lediglich Handlungsweisen vorgestellt, die das Risiko für starke Schäden an Erbsen verringern können.

Anbaupausen: Zur Vorbeugung gegen bodenbürtige Fußkrankheiten wird das Einhalten von Anbaupausen empfohlen. Für bisher unbelastete Schläge wird dabei oft ein maximaler Erbsenanteil in der Fruchtfolge von 20% angegeben. Hierbei sind zwei wichtige Einschränkungen zu machen. Erstens sind auch bei tiefer gehenden Nachforschungen kaum wissenschaftliche Ergebnisse zu finden, auf denen die Länge der Anbaupausen beruht, d.h. die wissenschaftliche Grundlage ist unklar. Zweitens gibt es bisher kaum Anhaltspunkte dafür, wie sich der Anbau anderer Leguminosenarten (möglicher Wirtspflanzen) auf den Infektionsdruck für die Erbse auswirkt. Dies ist besonders unter den Bedingungen des Ökolandbaus mit dem häufigen Anbau von Leguminosen eine wichtige noch offene Frage. Unter Berücksichtigung der in den vorherigen Abschnitten dargelegten Sachverhalte kann daraus abgeleitet werden, dass eine Anbaupause von 5 Jahren als Minimum anzusehen ist, die bei ungünstigen Rahmenbedingungen (z.B. Bodenstruktur, Nährstoffsituation, Klima, evtl. auch ein hoher Anteil anderer Leguminosenarten) deutlich verlängert werden sollte, um eine langfristige Steigerung des Infektionsdrucks zu verhindern. Diese Angaben gelten nicht nur für Haupt- sondern auch für Zwischenfrüchte. Auf Standorten mit einer hohen Suppressivität gegenüber Fußkrankheiten ist theoretisch eine engere Fruchtfolge möglich. Bisher ist ein einfacher analytischer Nachweis einer solchen Suppressivität jedoch nicht möglich.

Für Schläge, auf denen schon deutliche Schäden an Erbsen durch Fußkrankheiten aufgetreten sind, werden Anbaupausen von mindestens 10 Jahren empfohlen.

Gesundes Saatgut: Die Verwendung von unbelastetem Saatgut ist sowohl für die kurzfristige Sicherung der Erbsengesundheit und des Ertrags notwendig, als auch für die Verhinderung einer langfristigen Kontamination des Bodens mit überdauernden Schaderregern. Die vorgeschriebenen Saatgutuntersuchungen (amtliche Saatguterkennung) scheinen nicht immer eine niedrige Belastung zu garantieren. Es werden dabei auch nur

die *Ascochyta*-Arten berücksichtigt. Inwieweit der dabei verwendete Grenzwert von 30% auch für die Bedingungen des Ökolandbaus geeignet ist, bleibt fraglich, da hier zur Zeit keine effektiven Saatgutbehandlungsmethoden zur Reduzierung des Besatzes vorhanden sind. Wie z.T. in der Ökolandbaupraxis üblich, ist daher eine Untersuchung der gewählten Saatgutpartien auf ihre Eignung zu empfehlen. Vor allem die Verwendung von Nachbausaatgut sollte nur nach Feststellung eines unbedenklichen Schaderregerbesatzes entschieden werden.

Optimale Wachstumsbedingungen: Der Befall und der Grad der Pflanzenschädigung durch Fußkrankheiten nimmt meist bei ungünstigen Wachstumsbedingungen zu. Die Schaffung optimaler Wachstumsbedingungen reduziert daher das Risiko starker Pflanzenschäden. Wesentlich ist zum Einen die Standortwahl, d.h. z.B. kein Erbsenanbau auf dichten, schweren, zu Staunässe neigenden Böden. Zum Anderen muss durch geeignete Bewirtschaftungsmaßnahmen eine lockere Bodenstruktur und eine gute Nährstoffversorgung (auch Mikronährstoffe beachten) gesichert werden. Sollte z.B. aufgrund der Witterung keine geeignete Bodenstruktur erreicht werden können, ist bei einer so empfindlichen Kultur wie der Erbse evtl. kurzfristig die Wahl einer anderen Kultur zu empfehlen.

Feindpflanzen: Eine den Erregerbesatz im Boden reduzierende Wirkung von Feindpflanzen wird nur bei *Aphanomyces euteiches* mit Hafer beschrieben. Zum Einfluss des Haferanbaus auf den Besatz mit anderen Krankheitserregern liegen bisher keine Ergebnisse vor.

Biofumigation: Die Biofumigation beruht auf Inhaltsstoffen einzelner Pflanzenarten (z.B. bestimmte Senfsorten), die bei Zerstörung der Zellen sehr aggressive Substanzen freisetzen (z.B. Isothiocyanate). Frisches, zerkleinertes Pflanzenmaterial soll, in den Boden eingearbeitet, zu einer Reduzierung bodenbürtiger Krankheiten und Schädlinge führen. Die Wirksamkeit gegenüber Erregern von Erbsenfußkrankheiten wurde allerdings noch nicht geprüft.

Vorrangige Forschungsthemen zu Regulierungsstrategien bei Fußkrankheiten im Erbsenanbau sieht der Verfasser in den Bereichen:

- Entwicklung effektiver Saatgutbehandlungsverfahren gegen Schaderregerbesatz,
- praxisnahe Untersuchungen zum Zusammenhang von Fruchtfolge (Anbauanteil Erbsen & andere Leguminosenarten) und Fußkrankheiten im Ökolandbau,
- Analyse der Eigenschaften von suppressiven Böden und Untersuchung von möglichen Zusammenhängen mit der Bewirtschaftung.

2.4.2.4 Zusammenfassung / Fazit

Ursachen: Eine eindeutige Identifizierung von Schadursachen bei Erbsen ist v.a. bei der Beteiligung von Fußkrankheiten oft schwierig, da diese meist durch einen Komplex verschiedener Ursachen ausgelöst werden. Unterschiede im Ausmaß von Schadsymptomen an Wurzel und Stängelbasis müssen dabei nicht mit dem Auftreten einzelner Schaderreger übereinstimmen. Für eine Zuordnung von Schäden reicht die qualitative Identifizierung von Schaderregern oft nicht aus.

Bei den untersuchten Flächen sind die Schäden wahrscheinlich v.a. auf Fußkrankheiten durch den kombinierten Befall mit *Ascochyta*- und *Fusarium*-Arten zurückzuführen. Der deutliche Zusammenhang von *Ascochyta pisi*-Besatz am Saatgut und den Ertragseinbußen lässt auch auf einen Einfluss dieser Sprosskrankheit (Brennfleckenkrankheit) schließen, obwohl die Symptome am Spross zum Zeitpunkt der Blüte nicht gravierend waren. Nicht nur die Fußkrankheiten werden meist durch einen Komplex verschiedener Erreger hervorgerufen, auch die Ursache ihres Auftretens besteht oft aus einem Komplex von Faktoren. So war bei den untersuchten Beispielen teilweise ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Schädigung und dem Anbauabstand der Erbsen, sowie auch mit dem Schaderregerbesatz des Saatgutes zu erkennen. Zusätzlich wird eine, die Schädigung unterstützende Wirkung ungünstiger Bodeneigenschaften vermutet.

Regulierungsmaßnahmen: Da eine genaue Problemanalyse methodisch schwierig und in der Praxis oft nicht durchführbar ist, sollten vorbeugende bzw. regulierende Maßnahmen zu Fußkrankheiten an Erbsen ein möglichst weites Spektrum an Ursachen abdecken. Zur Vorbeugung erscheint dabei das Einhalten möglichst langer Anbauabstände wesentlich. Die oft genannten 5 Jahre sollten vor allem bei ungünstigen Anbaubedingungen deutlich erhöht werden. Bei Auftreten von Fußkrankheiten ist ein längerfristiges Aussetzen (>10 Jahre) des Erbsenanbaus zu empfehlen.

Die Verwendung unbelasteten Saatgutes ist eine weitere vorbeugende Maßnahme, die zum Einen die Chancen der aktuellen Kultur verbessert und zum Anderen die Kontamination des Bodens mit überdauernden Schaderregern verhindert. Es wird eine eigene Untersuchung zur Eignung der gewählten Saatgutpartien empfohlen, da bei der Saatgut-erkennung z.B. Fusarien nicht untersucht werden und die Grenzwerte für den Besatz mit *Ascochyta*-Arten wahrscheinlich für die Bedingungen des Ökolandbaus deutlich zu hoch liegen. Dies gilt im Besonderen auch für den Nachbau von Erbsen.

Weiterhin kann durch die Schaffung optimaler Wachstumsbedingungen das Schadpotential von Fußkrankheitsinfektionen deutlich gesenkt werden. Besonders der schädliche Einfluss von Bodenverdichtungen sollte bei der Standortwahl und der Bodenbearbeitung beachtet werden.

Insgesamt erlauben die Ergebnisse auch vor dem Hintergrund des Erkenntnisstandes nur sehr allgemeine Schlüsse. Für eine aussagekräftigere Interpretation und Bewertung von Bewirtschaftungsmaßnahmen und –systemen sowie von Standort- und Umweltfaktoren hinsichtlich des Erbsenanbaus wären weitere Forschungsergebnisse v.a. unter Berücksichtigung der Anbaubedingungen des Ökolandbaus wertvoll.

2.4.3 Individuelle Betriebsauswertung

2.4.3.1 Betriebsübersicht

Seite

B18: Seit über 30 Jahren ökologisch; warme aber trockene Klimabedingungen & unterschiedliche Bodenbedingungen (kiesig bis tonig, Ackerzahl 30-85); vieharter Betrieb (0,1 GV/ha Legehennen); mittlerer Klee grasanteil; Getreide-, Mais- & Körnerleguminosenproduktion; geringe Mengen Hühnermist; mittleres Ertragsniveau. 202

B19: Seit 16 Jahren ökologisch; kühl-feuchte Klimabedingungen & unterschiedliche Bodenbedingungen (sandig, lehmig, tonig, Ackerzahl 38-70); viehloser Betrieb; mittlerer Klee grasanteil; Kartoffel-, Getreide- Sonnenblumen- & Körnerleguminosenproduktion; Import von Kompost und organischen Handelsdüngern; mittleres Ertragsniveau. 208

B20: Seit 11 Jahren ökologisch; kühl-feuchte Klimabedingungen & gute Bodenbedingungen (sandig-lehmig Ackerzahl 60-75); viehloser Nebenerwerbsbetrieb; mittlerer Klee grasanteil; Getreide- & Körnerleguminosenproduktion; Import von etwas Pferdemist; mittleres Ertragsniveau. 215

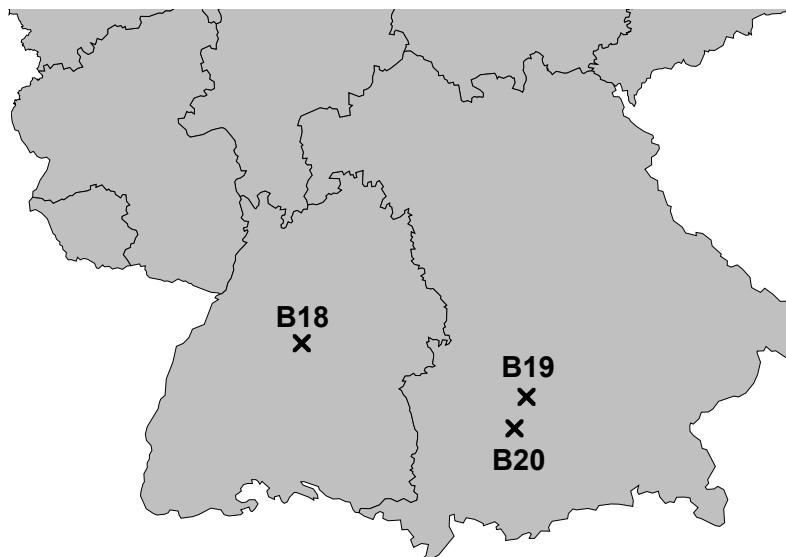


Abbildung 4.4: Geographische Lage der Betriebe B18 bis B20 (Süddeutschland)

2.4.3.2 Gliederung der einzelnen Betriebskapitel

Betriebsbeschreibung: Stichwortartige Beschreibung von Standort, Betriebsstruktur, Betriebsgeschichte und Ackerbausystem.

Untersuchte Schläge: Beschreibung der untersuchten Schläge und tabellarische Darstellungen der Ergebnisse.

Zusammenfassung / Fazit: Kurze Beschreibung und Bewertung des Betriebssystems und Diskussion der Untersuchungsergebnisse.

Betriebsbeispiel 18 (B18)

Betriebsbeschreibung

➤ **Standort** (Baden-Württemberg)

Höhe: 300 – 400 m ü. NN

Niederschlag: Ø 600 mm/a

Temperatur: Ø 9,2°C

Bodenart: Lehm bis Lehm über Ton, z.T. kiesig

Bodentypen: Auenböden, Parabraunerden (umgelagerter Löß & Hochflutlehm), Pelosole und Braunerden (Fließerden)

Ackerzahl: 30 – 85

Gefälle: eben, leicht geneigt, wenige Flächen hängig

Wichtige Wurzelunkräuter: Ampfer, Distel (etwas)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerfuchsschwanz, Kamille

➤ **Betriebsstruktur**

Fläche: 240 ha Ackerland

Schlaggröße: Ø 1,5 ha

Schlagentfernung: im Umkreis von 7 km

Betriebszweige: Ackerbau, Legehennen (5500 St., 0,1 GV/ha)

Arbeitskräfte: 1 AK (nur Ackerbau)

➤ **Betriebsgeschichte**

Vor Umstellung: Ackerbau und Geflügelhaltung (seither viele neue Flächen)

Umstellungsjahr: 1974

➤ **Ackerbau**

Grundbodenbearbeitung: vor Wintergetreide pfluglos (Grubber flach, bei Weizen 2-3x, bei anderen Arten 4-5x), vor Sommerfrüchten Pflug (20 cm + Untergrundhaken) im Herbst und Senfzwischenfrucht (Frühjahrsfurche nicht möglich, da Frostgare notwendig)

Düngung: Hühnermist zu Mais und Triticale; Stroh wird zum Teil verkauft

Saatbettbereitung: vor Wintergetreide nur Grubber, vor Sommerfrüchten Ackeregge

Saat: Horsch Kurzscheibenegge und Doppelscheibenschar-Drillmaschine

Mech. Pflege: Striegel (Erbsen nur im Voraufbau), Mais zusätzlich auch Hacke

Ernte & Aufbereitung: Ernte im Lohn, Lager und Reinigung auf dem Hof (Einrichtung der Erzeugergemeinschaft)

Stoppelbearbeitung: Grubber

Fruchtfolge: Zielfruchtfolge (in der Vergangenheit z.T. Erbsen statt Rotklee)

Rotklee-Gründung
W.Weizen ZF ¹ Ackerbohnen/Ölrettich, Senf
Triticale ZF ² Senf; Körnermais
Erbsen ³ ; Ackerbohnen; Rotklee-Gründung ⁴
W.Weizen ⁵ , Dinkel, ZF Ackerbohnen/Ölrettich, Senf
Hafer Rotkleeansaat

¹ Zwischenfrucht nur vor Körnermais

² frühe Zwischenfruchtsaat (Ziel Biomasse mit weitem C/N-Verhältnis)

³ auf besseren Böden

⁴ auf ganz schlechten Böden, Frühjahrssaat

⁵ nach Rotklee und Ackerbohnen

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Klee gras-Gründung		20
W.Weizen	40	25
Triticale	35	12
Dinkel	30-35	8
Hafer	25	17
Erbse	17-20	7
Körnermais	60-80	4
Ackerbohnen	30	7

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Auf den langjährig umgestellten Flächen stehen Erbsen meist schlecht, d.h. der Wuchs ist reduziert, die Pflanzen oft gelblich, die Erträge niedrig. Die Schäden treten z.T. nester- oder streifenweise, aber auch auf ganzen Schlägen auf.
- In einzelnen Fällen auch ähnliche Schäden bei Ackerbohnen.

Untersuchte Schläge

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Schlag		A	B	C	D
Ackerzahl		70	70	80	50-60
Bodentyp		Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde
Bodenart		schluffiger Lehm	schluffiger Lehm	sandiger Lehm	sandiger Lehm
Umstellungsjahr		vor 1990	vor 1990	vor 1990	vor 1990
Langfristige Bewirtschaftung (A & B: Ø von C & D; C & D: 14 Jahre vor Untersuchung)					
Gründüngung	[%]	18	18	21	14
Erbsen	[%]	18	18	22	14
Ackerbohnen	[%]	-	-	-	-
Getreide / Mais	[%]	46	46	50	43
Sonnenblumen	[%]	14	14	7	21
Untersaaten	[%]	-	-	-	-
Zwischenfrüchte	[%]	21	21	21	21
Ø Düngung ¹	[t/ha*a]	0,4 H	0,4 H	0,4 H	0,4 H
N-Versorgung ²	[kg/ha*a]	80	80	90	65
N-Bilanz	[kg/ha*a]	10	10	15	5
Humus-C-Bilanz	[kg/ha*a]	25	25	40	10
Kurzfristige Bewirtschaftung					
Abstand zu letzter Erbse				5 Jahre	5 Jahre
Vorfrucht				Körnermais	Triticale ZF Senf
untersuchte Erbsensorten		Phönix	Phönix / Davina	Phönix ³	Phönix ³
Ertrag ⁴	[dt/ha]				
Beprobung		21.06.2004	21.06.2004	23.06.2005	23.06.2005

¹ organische Düngemittel: Hühnertrockenkot (H)

² N-Zufuhr (Leguminosen) je nichtlegumer Marktf Frucht

³ ökologisch erzeugt

⁴ 2004 nicht bestimmt, 2005 durch starke Trockenheit gefolgt von Hagelschlag keine Ernte

pH-Wert und Bodengehalte an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A		B		C		D	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
pH	6,6	6,5	6,5	6,3	6,9	6,1	6,4	6,2
P ₂ O ₅ [mg/100g]	10	8	7	7	20	6	7	9
K ₂ O [mg/100g]	30	25	20	23	27	23	15	28
Mg [mg/100g]	10	10	19	18	9	11	10	10
Organische Substanz [%]	2,1	2,0	2,0	2,1	2,6	2,2	1,9	2,2
C/N	8,1	8,3	8,3	8,7	9,4	8,5	7,8	9,8
B [mg/kg]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,9	1,0	1,0
Cu [mg/kg]	5,1	5,0	4,9	5,0	4,2	5,2	6,9	6,9
Mn [mg/kg]	377	370	350	323	210	417	448	469
Zn [mg/kg]	4,1	3,9	3,1	3,7	3,5	3,5	4,0	4,2

Diagnostizierte Pflanzenkrankheiten an Spross und Wurzel an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A		B		C		D	
Messpunkt	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
Visuelle Bonitur von Stängeln, Blättern & Ranken								
<i>Peronospora pisi</i> (Falscher Mehltau)	- ¹	-	-	-	X	X	X	O
<i>Uromyces pisi-sativi</i> (Erbsenrost)	-	-	-	-	O	O	O	X
<i>Ascochyta</i> Arten	-	-	-	-	O	O	O	X
Laboruntersuchung der Stängelbasis und der Wurzeln								
<i>Ascochyta pisi</i>	-	-	-	-	O	O	O	O
<i>Ascochyta pinodes</i>	-	-	-	-	O	X	X	X
<i>Ascochyta pinodella</i>	-	-	-	-	O	X	X	X
<i>Fusarium</i> Arten	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Aphanomyces</i> Arten	-	-	-	-	O	O	O	O

¹ nicht bestimmt

Belastung des 2005 eingesetzten Saatgutes der Sorte 'Phönix' (ökologisch) und der Vergleichssorte 'Santana' (konventionell, ungebeizt) in %:

Sorte	<i>Ascochyta pisi</i>	<i>A. pinodes</i>	<i>A. pinodella</i>	<i>Fusarium</i> Arten	<i>Botrytis cinerea</i>
Phönix	3,0	3,8	0,3	0,8	0,0
Santana	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3

Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1974 ökologisch wirtschaftender, vieharmen Betrieb (Legehennen, 0,1 GV/ha) mit warmem, aber trockenem Klima- und unterschiedlichen, meist günstigen Bodenbedingungen (kiesige, lehmige und tonige Böden, Ackerzahl ca. 30-85) sowie mittlerem Ertragsniveau. Die Klee-gras-Gründung, der Anbau von Leguminosenzwischenfrüchten und die relativ geringen Mengen an Hühnermist sind die Basis für die Getreide-, Mais – und Körnerleguminosenproduktion. Die Geschichte der untersuchten Schläge ergibt relativ ausgeglichene Humus- und N-Bilanzen. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je Getreidefrucht liegt mit 65-90 kg N/ha auf mittlerem Niveau. Aufgrund der geringen Niederschlagsmengen, der meist schweren Böden und des Zwischenfruchtanbaus ist kaum mit relevanten N-Verlusten durch Nitrat-Auswaschung zu rechnen. Der Anteil an Erbsen in der Fruchtfolge liegt auf den untersuchten Schlägen mit bis zu 22% deutlich über dem angegebenen Betriebsdurchschnitt. Mit fünf Jahren Anbaupause wird dabei der oft genannte Mindestabstand für gesunde Böden von 5-6 Jahren nur knapp eingehalten.

Problemanalyse: In den zurückliegenden Jahren wurden beim Anbau von Körnererbsen besonders auf den schon seit langem umgestellten Flächen meist nur noch geringe Erträge erzielt. In den Jahren 2004 und 2005 wurden vier Schläge (A-D) mit deutlichen Schädigungen untersucht. Schlag A wies einen fast flächendeckend geschädigten, stark verunkrauteten Bestand auf, die Erbsenpflanzen waren klein, mit von unten gelb werdenden Blättern. Auf den Schlägen B – D lagen deutlich schlechter stehende Nester oder Streifen in einem weniger geschädigten bzw. relativ gesunden Bestand. Die geschädigten Pflanzen wiesen ähnliche Symptome auf wie bei Schlag A. Je Schlag wurden zum Stadium der Blüte an zwei Messpunkten (geschädigter ↓ und weniger geschädigter Bereich ↑) Boden- und Pflanzenproben entnommen. Die Symptome am Spross waren wenig spezifisch. Die Wurzeln waren bei allen geschädigten Pflanzen schwarz-braun verfärbt und hatten einen geringen Knöllchenbesatz. Nur an Messpunkt B↑ wirkten die Wurzeln der Erbsenpflanzen gesund (hell). Der Boden war zur Probenahme Ende Juni an allen Messpunkten in beiden Jahren trocken und ab ca. 5 cm Tiefe sehr dicht und hart.

Der für 2005 geplante Vergleich der Betriebssorte (Phönix) mit der Standard-Erbsen-Sorte Santana (konventionell, ungebeizt, niedriger Schaderregerbesatz) konnte aus organisatorischen Gründen nicht ausgewertet werden. In beiden Jahren konnten keine Ertragsproben entnommen werden. Im Jahr 2005 war dies mit den extremen Trockenschäden in Kombination mit einem Hagelschaden begründet.

Sowohl der pH-Wert als auch die untersuchten Nährstoffgehalte im Boden lagen an den beiden je Schlag untersuchten Messpunkten auf mindestens ausreichendem, meist hohem Niveau. Deutliche Unterschiede in den Bodeneigenschaften zwischen den zwei Messpunkten waren nur auf Schlag C zu erkennen. Sowohl der pH-Wert, als auch der Phosphorgehalt lagen dort im geschädigten Bereich höher als im ungeschädigten und ist somit als eine Ursache der Schädigung auszuschließen. Die Ergebnisse können jedoch ein Hinweis auf eine Beteiligung anderer, hier nicht untersuchter, Bodeneigenschaften an den Pflanzenschäden sein. Auffallend sind die an allen Messpunkten sehr hohen Mangan-Werte im Boden. In Übereinstimmung mit den bei der Beprobung gemachten Beobachtungen über die dichte Bodenstruktur sind diese Ergebnisse ein Indiz für Stau-nässe bzw. starke Verdichtungen im Boden. Eine Beteiligung der ungünstigen Bodenstruktur an den Schädigungen der Erbsen ist wahrscheinlich.

Die Verfärbungen der Erbsenwurzeln und die Isolierung von *Fusarium*-Arten im Jahr 2004 weisen auf Fußkrankheiten als eine Ursache der Pflanzenschäden hin. Die umfassendere Analyse der Wurzelproben im Jahr 2005 lässt auf einen Komplex aus Schaderregern der Arten *Fusarium* und *Ascochyta* schließen. Da die Belastung des im Jahr 2005 eingesetzten Saatgutes mit Schaderregern als gering einzustufen ist, muss von einer Infizierung über den Boden ausgegangen werden. Die Unterschiede in der Schädigung der Erbsen zwischen den verschiedenen Messpunkten lassen sich mit den Ergebnissen nicht erklären. Neben der reinen Identifizierung der Schaderreger war es jedoch auch nicht möglich, sicher festzustellen, ob und welche Schaderreger von Fußkrankheiten in welchem Maße an der Schädigung der Pflanzen beteiligt waren. Eine deutliche Schädigung durch einen Befall des Sprosses mit Erbsenrost, Falschem Mehltau und/oder der Brennfleckenkrankheit (*Ascochyta*-Arten am Spross) ist wenig wahrscheinlich.

Die Schadsymptome in den Erbsenbeständen wurden anscheinend von einem Ursachenkomplex aus den bodenbürtigen Schaderregern der Arten *Fusarium* und *Ascochyta* sowie der ungünstigen Bodenstruktur mit verursacht. In den Jahren 2004 und besonders 2005 war wahrscheinlich auch das Auftreten ausgeprägter Trockenphasen im Frühsommer an den Pflanzenschäden beteiligt.

Lösungsansätze bzw. Handlungsempfehlungen in Bezug auf die Probleme beim Erbsenanbau werden in Kapitel "Betriebsübergreifende Darstellung und Fazit" behandelt.

Betriebsbeispiel 19 (B19)

Betriebsbeschreibung

➤ Standort (Bayern)

Höhe: 480 – 520 m ü. NN

Niederschlag: Ø 920 mm/a

Temperatur: Ø 8,3°C

Bodenart: lehmiger Sand, sandiger Lehm bis toniger Lehm

Bodentypen: Parabraunerden und Braunerden (lösshaltige Sande und Tone des Tertiärs)

Ackerzahl: 38 – 70, Ø 55

Gefälle: eben bis hängig

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke, Ampfer, Schachtelhalm

Wichtige einjährige Unkräuter: Kamille, weißer Gänsefuß

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 75 ha Ackerland

Schlaggröße: 0,6 – 8,2, Ø 2,5 ha

Schlagentfernung: 0 – 8 km

Betriebszweige: Ackerbau

Arbeitskräfte: 1,25 AK (+ 1000 St. Saisonkräfte für Kartoffelernte & -aufbereitung)

➤ Betriebsgeschichte

Vor Umstellung: Ackerbau, bis 1979 Milchvieh-, Bullen- und Schweinehaltung

Umstellungsjahr: 1989, 2003 Zupacht von 42 ha Ökofläche

➤ Ackerbau

Grundbodenbearbeitung: Pflug (20-25 cm) in 6 von 10 Jahren; nach Kartoffeln Grubber oder Schälppflug

Düngung: Kompostzukauf (30 % Grüngut, 70 % Bioabfall), auf 10–15 ha/Jahr 15–18 t/ha (z.B. vor Weizen, Roggen, Dinkel, Sonnenblumen oder nach Kartoffeln); zu Kartoffeln bei weniger guter Vorfrucht 30-50 kg N/ha als Bio-ILSA (Haarmehl, Federmehl & Rapsschrot); seit 2003 z.T. Gesteinsmehl-Düngung; Stroh wird komplett abgefahren (verkauft)

Saatbettbereitung: Kreiselegge oder Gareeggenkombination

Saat: Getreide und Erbsen in Doppelreihen (6 cm) mit 20 cm Abstand. Untersaaten pneumatisch mit nachlaufendem Striegel.

Mech. Pflege: Striegel, Hacke (bei Getreide wenig)

Ernte & Aufbereitung: Ernte im Lohn, eigenes Getreidelager & Vorreinigung, eigenes Kartoffellager & Aufbereitung

Stoppelbearbeitung: Grubber, Schälplflug (spanischer Onland-Volldrehpflug, 8 Schare, 3,5 m Arbeitsbreite, 5-20 cm Arbeitstiefe)

Fruchtfolge: Zielfruchtfolge seit 2003 (20-25 % Klee gras, 10-15% Körnerleguminosen); in der Vergangenheit wurden 20-35% Körnerleguminosen (Erbsen & Ackerbohnen im Wechsel), ca. 10% Stille gung, ca. 10% Kartoffeln und statt Untersaaten mehr Zwischenfrüchte angebaut

Klee gras-Futter / -Gründung ¹
Kartoffeln US ² Senf; W.Weizen ³ US Weißklee
W.Weizen, Dinkel, W.Roggen, US Weißklee;
z.T. A.Bohnen ⁴ US Weißklee, Erbse ⁴
Sonnenblumen US Klee gras

¹ 3 Schnitte verkauft, 4. Schnitt gemulcht

² Senfuntersaat im Test

³ auf für Kartoffeln zu schweren Böden

⁴ z.T. mit Senf im Gemenge

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Klee gras		20
Kartoffeln ¹	150-200	24
W.Roggen	30-35	kaum
Dinkel	25-30	15
W.Weizen	25-30	9
Sonnenblumen	25	18
Erbse ²	30 (15-45)	3-11
A.Bohne ²	25-30 (5-40)	3-11

¹ Marktware

² 13% Erbsen & Ackerbohnen zusammen

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Ca. 10 Jahre nach Umstellung Rückgang der Erbsenerträge von anfangs um die 40 dt/ha auf ca. 20 dt/ha, gleichzeitig stärkere Verunkrautung der geschädigten Bestände. Erbsenerträge auf den erst seit kurzem hinzugekommenen Ökoflächen erreichen ein weitaus höheres Niveau.
- Dieser Ertragsrückgang wurde auch bei Ackerbohnen beobachtet.

Untersuchte Schläge

Kenngrößen der Humus- und N-Bilanz des durchschnittlichen Anbausystems:

N-Versorgung ²	[kg/ha*a]	60
N-Bilanz	[kg/ha*a]	-5
Humus-C-Bilanz	[kg/ha*a]	-20

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben der "alten" (langjährig im Betrieb) und "neuen" Schläge (2004 gepachtete Ökoflächen):

Schlag	A alt	B neu	C alt	D neu
Bodentyp	Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde	Parabraunerde
Bodenart	stark lehmiger Sand	sandiger Lehm	schluffiger bis sandiger Lehm	sandiger Lehm
Umstellungsjahr	1989	1990, seit 2004 im Betrieb	1989	1990, seit 2004 im Betrieb
Langfristige Bewirtschaftung				
Erbsenanteil in der Fruchtfolge	hoher Erbsenanteil (> 20-25%)	min. 15 Jahre keine Körnerleguminosen	hoher Körnerleguminosenanteil (>20-25%, ca. ½ Erbsen)	min. 15 Jahre keine Körnerleguminosen
Bewirtschaftung	siehe Betriebsbeschreibung	vor 2004 Gemischtbetrieb mit Klee-grasfütter und Getreidebau	siehe Betriebsbeschreibung	vor 2004 Gemischtbetrieb mit Klee-grasfütter und Getreidebau
Kurzfristige Bewirtschaftung				
Anbau	Gemenge ¹ mit wenig Hafer & Senf	Gemenge mit wenig Hafer & Senf	Reinsaat	Reinsaat
untersuchte Erbsensorten	Jutta ² / Santana ³	Jutta ²	Lido ⁴ / Sirius ⁵	Jutta ⁶ / Lido ⁴
Ertrag ⁷ [dt/ha]	24E, 1,0S, 6,5H/34E	35E, 0,5S, 8,3H	9 / 33	34 / 50
Beprobung	25.06.2005	25.06.2005	22.06.2006	22.06.2006

¹ Gemenge (nur die Sorte, Santana in Reinkultur)

² konventionelles Basissaatgut, ungebeizt

³ konventionelles Vergleichs-Z-Saatgut, ungebeizt

⁴ aberkanntes konventionelles Z-Saatgut aus 2004, ungebeizt

⁵ eigener Nachbau aus 2005

⁶ eigener Nachbau aus 2004

⁷ Beerntung per Hand (E: Erbsen, S: Senf, H: Hafer), da die Ernteverluste hierbei minimiert sind, liegen die Praxiserträge wahrscheinlich auf niedrigerem Niveau

pH-Wert und Bodengehalte an den einzelnen Messpunkten (Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A alt		B neu	C alt			D neu	
Messpunkt	Jutta	Santana	Jutta	Lido-a	Lido-b	Sirius	Jutta	Lido
pH	6,3	6,3	5,5	6,5	6,4	6,3	6,0	5,9
P ₂ O ₅ [mg/100g]	17	14	8	14	10	14	8	10
K ₂ O [mg/100g]	8	7	6	14	11	13	12	14
Mg [mg/100g]	7	6	13	15	12	8	7	10
Organische Substanz [%]	3,2	2,8	2,0	2,1	1,9	1,8	1,2	2,0
C/N	12,4	12,5	8,9	8,3	8,3	8,8	7,8	8,4
B [mg/kg]	0,2	0,1	0,6	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8
Cu [mg/kg]	1,1	1,0	3,8	2,3	2,1	1,9	1,2	2,4
Mn [mg/kg]	20	17	268	201	193	200	219	327
Zn [mg/kg]	0,8	0,8	2,7	1,8	1,5	1,8	1,4	2,8

Diagnostizierte Pflanzenkrankheiten an Spross und Wurzel an den einzelnen Messpunkten:

Schlag	A alt		B neu	C alt			D neu	
Messpunkt	Jutta	Santana	Jutta	Lido-a	Lido-b	Sirius	Jutta	Lido
Visuelle Bonitur von Stängeln, Blättern & Ranken								
<i>Peronospora pisi</i> (Falscher Mehltau)	O	O	X	O	X	O	O	O
<i>Uromyces pisi-sativi</i> (Erbsenrost)	X	O	O	O	O	O	O	O
<i>Ascochyta</i> Arten	O	O	O	X	X	O	X	O
Laboruntersuchung der Stängelbasis und der Wurzeln								
<i>Ascochyta pisi</i>	O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Ascochyta pinodes</i>	X	X	O	O	O	O	X	O
<i>Ascochyta pinodella</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Fusarium</i> Arten	O	X	X	O	X	X	O	O
<i>Aphanomyces</i> Arten	O	X ¹	O	O	O	O	O	O

¹ Verdacht auf *Aphanomyces* Arten

Belastung und Keimfähigkeit des eingesetzten Saatgutes und des Erntegutes in % und Ertrag:

Schlag	A alt		B neu	C alt		D neu	
Messpunkt	Jutta	Santana	Jutta	Lido-b	Sirius	Jutta	Lido
Saatgut							
<i>Ascochyta pisi</i>	9,3	0	9,3	10,5	2,5	58,8	10,5
<i>Ascochyta pinodes</i>	0,0	0	0,0	0,3	0,3	4,5	0,3
<i>Ascochyta pinodella</i>	0,0	0	0,0	1,3	0,5	2,8	1,3
<i>Fusarium</i> Arten	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
<i>Botrytis cinera</i>	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Keimung	81	96	81	87	83	62	87
Erntegut							
Ertrag ¹ [dt/ha]	24	34	35	9	33	34	50
<i>Ascochyta pisi</i>	65,5	31,5	95,0	4,3	2,5	27,3	66,0
<i>Ascochyta pinodes</i>	2,5	0,0	3,5	0,5	3,0	0,3	10,0
<i>Ascochyta pinodella</i>	3,0	0,5	0,0	2,0	12,5	0,0	0,0
<i>Fusarium</i> Arten	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,8
<i>Botrytis cinera</i>	0,5	0,0	2,5	1,3	5,0	0,0	0,3
Keimung	88	62	44	98	98	92	86

¹ Beerntung per Hand, da die Ernteverluste hierbei minimiert sind, liegen die Praxiserträge wahrscheinlich auf niedrigerem Niveau

Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1989 ökologisch wirtschaftender, viehloser Betrieb mit mittlerem Temperatur- und hohem Niederschlagsniveau, unterschiedlichen Bodenbedingungen (sandige, lehmige und tonige Böden, Ackerzahl ca. 38-70) sowie niedrigem bis mittlerem Ertragsniveau. Der Anbau von Verkaufs-Klee gras und Kleeuntersaaten sowie die Zufuhr von Komposten und geringen Mengen organischer Handelsdünger sind die Basis für die intensive Kartoffelproduktion sowie den Anbau von Sonnenblumen, Getreide und Körnerleguminosen. Die Auswertung der derzeitigen Zielfruchtfolge ergibt leicht negative Humus- und N-Bilanzen. Vor allem vor dem Hintergrund des hohen Kartoffelanteils in der Fruchtfolge und des Strohverkaufs erscheint ein langfristiger Abbau des Humusvorrates wahrscheinlich. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je nichtlegumer Marktf Frucht liegt mit 60 kg N/ha noch auf mittlerem Niveau. Aufgrund der hohen Niederschlagsmengen ist auf den leichteren Böden v.a. unter Wintergetreide und nach Kartoffeln mit relevanten N-Verlusten durch Nitrat-Auswaschung zu rechnen. Der Anteil an Erbsen in der Fruchtfolge lag in der Vergangenheit auf den ursprünglichen Betriebsflächen mit z.T. über 25% deutlich über dem Anteil der derzeitigen Zielfruchtfolge und auch deutlich über empfohlenen maximalen Anbauanteilen.

Problemanalyse: Auf den schon langjährig zum Betrieb gehörigen Flächen wurde seit ca. fünf Jahren vor der Untersuchung ein deutlicher Ertragsrückgang bei Erbsen festgestellt. Die Erbsenerträge auf den erst seit kurzem hinzugekommenen Ökoflächen erreichen ein weitaus höheres Niveau. In den Jahren 2005 und 2006 wurden vier Erbsenschläge (A-D)

untersucht. Die Schläge A und C gehören schon langjährig zum Betrieb und weisen in der Fruchtfolgegeschichte einen hohen Erbsen- bzw. Körnerleguminosenanteil auf. Auf den Schlägen B und D wurden seit mindestens fünfzehn Jahre vor der Untersuchung keine Körnerleguminosen angebaut. Deutlich Schäden an den Erbsen traten nur in einem Teilbereich von Schlag C auf. Hier waren die Erbsenpflanzen deutlich kleiner, mit von unten gelb werdenden Blättern, und der Unkrautdruck war weitaus höher als im ungeschädigten Bereich. Der am stärksten geschädigte Teil des Schlages wurde vor der Ernte umgebrochen. Auf den vier Schlägen wurde jeweils zum Stadium der Blüte an ein bis drei Messpunkten Boden- und Pflanzenproben entnommen. Die Symptome an Blättern und Stängeln – soweit vorhanden – waren wenig spezifisch. Auf Schlag C wiesen alle untersuchten Erbsenpflanzen schwarz-braun verfärbte Wurzeln auf. Im deutlich geschädigten Bereich (C-Lido-a und -b) war auch der Knöllchenbesatz reduziert. An den Messpunkten auf dem "alten" Schlag A wurden sowohl verfärbte, als auch gesund wirkende Wurzeln gefunden, der Bestand war insgesamt gut entwickelt. Auf den "neuen" Schlägen (B & D) waren die Bestände wüchsig und die Wurzeln nicht verfärbt.

Im Jahr 2005 wurde auf Schlag A neben der betriebsüblichen Sorte 'Jutta' die Standard-Erbsen-Sorte 'Santana' (konventionell, Z-Saatgut ungebeizt, niedriger Schaderregerbesatz) angebaut und untersucht. Während die Sorte 'Jutta' im Gemenge mit geringen Anteilen an Hafer und Senf gesät wurde, erfolgte der Anbau der Sorte 'Santana' aus organisatorischen Gründen als Reinsaat. In beiden Jahren wurde an jedem Messpunkt der Ertrag bestimmt und das Erntegut auf Schaderregerbesatz untersucht. Die Erträge der "neuen" Flächen (B & D) lagen auf höherem Niveau als die der "alten" (A & C).

Deutliche Unterschiede im pH-Wert oder den untersuchten Nährstoffgehalten im Boden die mit der Bewirtschaftung zusammenhängen ("alte" bzw. "neue" Schläge) waren nicht zu erkennen. Die Werte lagen auf mindestens ausreichendem, meist mittlerem Niveau. Nur der Schlag A fiel durch niedrige Bor- und Zinkgehalte auf, die evtl. zu Wachstumsstörungen beitragen können. Die auf den Schlägen mit lehmigen Böden (B-D) hohen Mangan-Werte können ein Indiz für Staunässe bzw. starke Verdichtungen im Boden sein. Ein Zusammenhang mit der Beeinträchtigung der Erbsen war hier jedoch nicht zu erkennen. Insgesamt ist ein Zusammenhang zwischen den untersuchten Bodeneigenschaften und dem Erbsenertrag nicht ersichtlich.

Die auf den "alten" Schlägen aufgetretenen Verfärbungen der Erbsenwurzeln weisen auf Fußkrankheiten als eine Ursache der Pflanzenschäden hin. Die Analyse der Wurzelproben ergab für alle untersuchten Schläge einen Besatz mit *Ascochyta pinodella* sowie z.T. mit *Ascochyta pinodes* und *Fusarium*-Arten, obwohl ein Belastung des Bodens auf den "neuen" Schlägen nach mindestens 15 Jahren ohne Körnerleguminosen unwahrscheinlich ist. Neben der reinen Identifizierung der Schaderreger ergibt die Analyse jedoch nicht, welche Schaderreger in welchem Maße an der Schädigung der Pflanzen beteiligt sind.

Eine Ursache für das Vorhandensein von Fußkrankheitserregern an den Erbsenwurzeln auf den "neuen" Schlägen kann der Schaderregerbesatz des Saatgutes sein. Die im Jahr 2006 eingesetzten Saatgutpartien (eigener Nachbau oder nicht anerkanntes Saatgut) wiesen alle einen deutlichen Besatz mit Erregern von Fußkrankheiten auf. Das 2005 eingesetzte konventionelle, ungebeizte Saatgut war dagegen, bis auf *Ascochyta pisi* an der Sorte 'Jutta', fast frei von Schaderregern. Die am jeweiligen Saatgut gefundenen

Ascochyta Arten stimmen jedoch in vielen Fällen nicht mit den an den Wurzeln identifizierten Arten überein. Hierbei muss darauf hingewiesen werden, dass eine exakte Bestimmung der einzelnen Arten nicht immer möglich war.

Auf den meisten Schlägen wies das Erntegut eine hohe Belastung mit Schaderregern auf, nur bei den Proben vom "alten" Schlag C war der Besatz geringer. Ein deutlicher Zusammenhang dieser Ergebnisse mit dem Körnerleguminosenanteil in der Fruchtfolge oder dem Schaderregerbesatz des Saatgutes wird nicht ersichtlich.

Der Befall des Sprosses mit Erbsenrost, Falschem Mehltau und/oder der Brennfleckenkrankheit (*Ascochyta*-Arten am Spross) erscheint in Bezug auf eine Beeinträchtigung des Erbsenwachstums auf allen Schlägen zweitrangig.

Insgesamt kann man davon ausgehen, dass der Ertragsrückgang der Erbsen auf den "alten" Flächen wahrscheinlich mit einer Schädigung der Wurzeln zusammenhängt. Schäden durch bodenbürtige Krankheiten entsprechen aufgrund des hohen Körnerleguminosenanteils in der Fruchtfolge hier den Erwartungen. Für eine genaue Identifizierung der Ursachen der Wurzelschäden reichen die durchgeführten Untersuchungen nicht aus. Ein Problem ist dabei die fehlende Bewertungsmöglichkeit des quantitativen Auftretens der Schaderreger an den Wurzeln und einer Zuordnung von Schädigungen. Aufgrund der identifizierten Schaderreger kann jedoch davon ausgegangen werden, dass an den Symptomen auch auf diesem Betrieb ein Ursachenkomplex aus den bodenbürtigen Schaderregern der Arten *Fusarium* und *Ascochyta* beteiligt ist.

Auf den "neuen" Flächen hängt das Auftreten von Fußkrankheitserregern vor allem mit der Belastung des eingesetzten Saatgutes zusammen. Weshalb trotz z.T. hoher Saatgutbelastung auf diesen Schlägen die Wurzeln kaum Schäden aufweisen ist unklar. Lösungsansätze bzw. Handlungsempfehlungen in Bezug auf die Probleme beim Erbsenanbau werden in Kapitel "Betriebsübergreifende Darstellung und Fazit" behandelt.

Betriebsbeispiel 20 (B20)

Betriebsbeschreibung

➤ Standort (Bayern)

Höhe: 600 – 650 m ü. NN

Niederschlag: Ø 990 mm/a

Temperatur: Ø 8,4°C

Bodenart: sandiger bis schluffiger Lehm

Bodentypen: Parabraunerden und Braunerden (Lehme auf Altmoränen)

Ackerzahl: 60 – 75

Gefälle: eben bis leicht geneigt

Wichtige Wurzelunkräuter: Distel, Quecke, Ampfer (durch konsequentes Ziehen im Griff)

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 65 ha Ackerland

Schlaggröße: 0,7 – 11 ha, Ø 2,4 ha

Schlagentfernung: Ø 2,5 km

Betriebszweige: Ackerbau

Arbeitskräfte: Nebenerwerb

➤ Betriebsgeschichte

Vor Umstellung: Ackerbau

Umstellungsjahr: 1994

➤ Ackerbau

Grundbodenbearbeitung: Pflug (20 cm)

Düngung: 20 m³/ha Pferdemist zum Klee

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Saat: Reihenweite bei Getreide & Erbsen 12 cm, bei Bohnen 30 cm

Mech. Pflege: Striegel, Hacke (nur Bohnen)

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Lager & Reinigung

Stoppelpbearbeitung: 2 x Schälgrubber

Fruchtfolge: Zielfruchtfolge (Anbau von Zwischenfrüchten nur sporadisch)

Klee-Gründüngung ¹
S.Weizen
W.Roggen
Erbsen ² , Ackerbohnen ²
Dinkel, W.Roggen
Erbsen (nach Dinkel), W.Weizen ³ , Dinkel, W.Roggen, Wicken

¹ Rotklee & Weißklee, bei hohem Disteldruck auch 2 Jahre

² z.T. im Gemenge mit Senf

³ Futterweizen

Anbauumfang: Durchschnittliche Erträge und aktuelle (2007) Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächen in Praxis [%]
Klee		26
S.Weizen	35	16
W.Weizen	40	11
Dinkel ¹	20	15
W.Roggen	45	22
Erbsen	30	z.T. kein Anbau
Ackerbohnen	30	10
Wicken	18	z.T. kein Anbau

¹ entspelzte Ware

Ackerbauliche Probleme / Fragestellungen:

- Auf Schlägen mit Erbsen in der zurückliegenden Fruchtfolgegeschichte (Abstand mindestens 5 Jahre) gehen die Erträge deutlich zurück. Auf diesen Flächen wurde nach einer normalen Jugendentwicklung im weiteren Verlauf ein Vergilben bzw. ein Aufhellen der Blätter der Erbsenpflanzen beobachtet.
- Auf einem Schlag wurden deutliche, mit ehemaligen Teilschlaggrenzen übereinstimmende Unterschiede bei der Erbsenentwicklung festgestellt, obwohl der Schlag bis dahin schon seit zehn Jahre einheitlich bewirtschaftet wurde.

Untersuchte Schläge

Vom Messpunkt unabhängige Standort- und Bewirtschaftungsangaben:

Schlag	A1	A2	A3	D
Bodentyp	Parabraunerde			Parabraunerde
Bodenart	sandiger Lehm			schluffiger Lehm
Umstellungsjahr	1994			1994
Langfristige Bewirtschaftung (10 Jahre vor Untersuchung; Fruchtfolgeunterschiede auf A: 27 Jahre)				
Klee-Gründüngung [%]	20			10
Erbsen [%]	10 ¹			20
Ackerbohnen / Wicken [%]	10 ¹	-	-	10
Getreide [%]	60			60
Zwischenfrüchte [%]	0			10
Ø Düngung ² [t/ha*a]	2 P			1 P
N-Versorgung ³ [kg/ha*a]	70			45
N-Bilanz [kg/ha*a]	10			-5
Humus-C-Bilanz [kg/ha*a]	155			60
Fruchtfolgeeggschichte: Erbsenanbau (E) & jeweils Anbaupause in Jahren	E 4 E 12 E 5 E ¹	E 5 E 12 E 5 E ¹	E 5 E 13 E 5 E ¹	E 8 E
Kurzfristige Bewirtschaftung				
Abstand zu letzter Erbse	5 Jahre			8 Jahre
Vorfrucht	W.Roggen			W.Roggen ZF Wicken
untersuchte Erbsensorten	Santana1 ⁴ , Santana2 ⁵ , Lisa ⁶			Hardy ⁷
Ertrag [dt/ha]	siehe letzte Tabelle			
Beprobung	24.06.2005			22.06.2006

¹ im Untersuchungsjahr nur Teststreifen mit Erbsen, Rest der Fläche geteilt in Ackerbohnen-Senf und Wicken-Senf-Gemenge

² organische Düngemittel: Pferdemist (P)

³ N-Zufuhr (Leguminosen) je nichtlegumer Marktfrucht

⁴ konventionelles Vergleichssaatgut, ungebeizt

⁵ ökologisch erzeugtes Z-Saatgut

⁶ konventionelles Basissaatgut, ungebeizt

⁷ eigener Nachbau (aus Z-Saatgut) in Gemenge mit S.Gerste (180 kg Erbsen & 36 kg S.Gerste)

Schematische Versuchsanlage auf Schlag A im Jahr 2005 (X: Messpunkte, Abstand der Messpunkten einer Sorte zwischen A1 und A2 jeweils ca. 15 m):

A1 (Wicken & Senf)	A2	A3
Santana1 X	X	X
Lisa X	X	
Santana2 X	X	X
(Ackerbohnen & Senf)		

pH-Wert und Bodengehalte an den einzelnen Messpunkten (bei A ein Punkt je Teilschlag und angebauter Sorte, bei B Schäden: ↓, besser: ↑):

Schlag	A1			A2			A3		B	
Messpunkt ¹	Sant1	Sant2	Lisa	Sant1	Sant2	Lisa	Sant1	Sant2	↓	↑
pH	6,3	6,2	5,4	6,7	6,6	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5
P ₂ O ₅ [mg/100g]	5	5	5	10	8	10	5	4	5	4
K ₂ O [mg/100g]	14	12	11	12	11	13	11	10	8	7
Mg [mg/100g]	9	8	8	13	13	12	7	7	10	9
Organische Substanz [%]	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4	2,5	2,8	2,6	3,5	2,9
C/N	8,3	8,3	8,7	9,9	8,2	8,1	8,6	8,4	9,4	8,4
B [mg/kg]	0,4	0,4	0,3	0,6	0,5	0,6	0,4	0,3	0,8	0,8
Cu [mg/kg]	2,9	2,9	3,0	3,0	3,5	3,4	4,8	2,5	4,2	3,5
Mn [mg/kg]	364	362	363	393	405	403	253	238	351	337
Zn [mg/kg]	1,5	1,5	1,8	2,4	2,6	2,6	1,8	1,1	3,6	2,5

¹ Sant1: Sorte Santana1, Sant2: Sorte Santana2

Diagnostizierte Pflanzenkrankheiten an Spross und Wurzel an den einzelnen Messpunkten:

Schlag	A1			A2			A3		B	
Messpunkt ¹	Sant1	Sant2	Lisa	Sant1	Sant2	Lisa	Sant1	Sant2	1	2
Visuelle Bonitur von Stängeln, Blättern & Ranken										
<i>Peronospora pisi</i> (Falscher Mehltau)	X	O	X	X	O	X	X	O	O	O
<i>Uromyces pisi-sativi</i> (Erbsenrost)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Ascochyta</i> Arten	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X
Laboruntersuchung der Stängelbasis und der Wurzeln										
<i>Ascochyta pisi</i>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
<i>Ascochyta pinodes</i>	X	O	X	O	X	O	X	X	X	O
<i>Ascochyta pinodella</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O
<i>Fusarium</i> Arten	X	X	X	O	X	X	X	X	X	X

**Belastung und Keimfähigkeit des eingesetzten Saatgutes und des Erntegutes in %
und Ertrag:**

Schlag	A1			A2			A3		B	
Messpunkt ¹	Sant1	Sant2	Lisa	Sant1	Sant2	Lisa	Sant1	Sant2	1	2
Saatgut										
<i>Ascochyta pisi</i>	0,0	29,5	0,5	0,0	29,5	0,5	0,0	29,5	72,0	72,0
<i>Ascochyta pinodes</i>	0,0	0,5	4,8	0,0	0,5	4,8	0,0	0,5	0,3	0,3
<i>Ascochyta pinodella</i>	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Fusarium</i> Arten	0,5	0,0	1,0	0,5	0,0	1,0	0,5	0,0	0,3	0,3
<i>Botrytis cinera</i>	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Keimung	96	52	80	96	52	80	96	52	65	65
Erntegut										
Ertrag ¹ [dt/ha]	14	10	36	52	29	45	38	22	12/32	25/20
<i>Ascochyta pisi</i>	11,0	30,0	33,5	16,5	42,0	25,0	18,0	37,5	66,0	62,8
<i>Ascochyta pinodes</i>	4,5	18,0	2,0	1,5	2,5	2,5	0,5	13,5	10,0	6,8
<i>Ascochyta pinodella</i>	0,0	37,5	1,5	0,0	9,0	3,0	0,0	8,0	12,8	8,0
<i>Fusarium</i> Arten	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,3
<i>Botrytis cinera</i>	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	1,0	0,0
Keimung	60	64	76	46	50	78	60	73	69	49

¹ Beerntung per Hand, da die Ernteverluste hierbei minimiert sind, liegen die Praxiserträge wahrscheinlich auf niedrigerem Niveau, bei Schlag B: Erbsen/Gerste

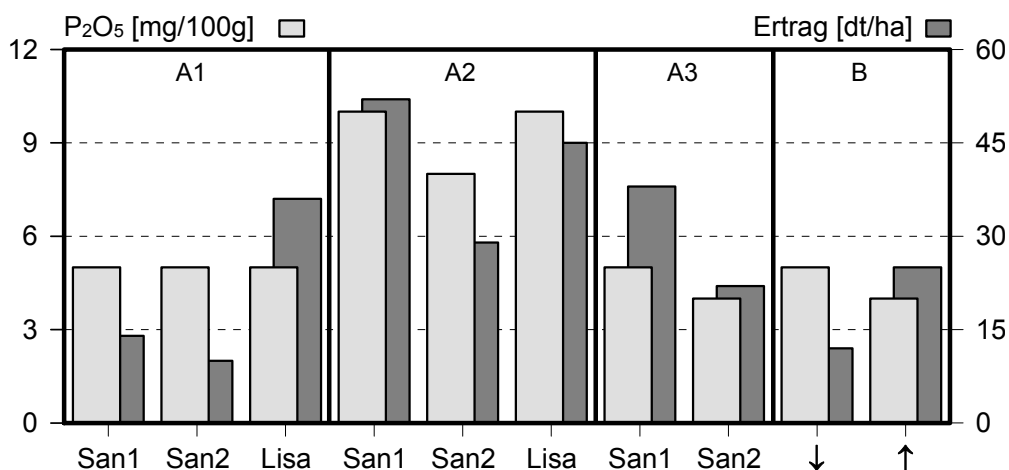
Kurzbeschreibung & Problemanalyse

Betrieb: Seit 1994 ökologisch wirtschaftender, viehloser Nebenerwerbsbetrieb mit mittlerem Temperatur- und hohem Niederschlagsniveau, guten Bodenbedingungen (sandiger Lehm, Ackerzahl ca. 60-75) sowie mittlerem bis hohem Ertragsniveau. Die Klee Gründüngung und der Zukauf von Pferdemist sind die Basis für die Produktion von Getreide und Körnerleguminosen. Die Auswertung der beiden untersuchten Schläge ergibt leicht positive Humus- und ausgeglichene N-Bilanzen. Die geschätzte durchschnittliche N-Versorgung je nichtlegumer Marktfrucht liegt bei Einhaltung des geplanten Kleeanteils mit 70 kg N/ha auf mittlerem Niveau. Obwohl bei den genutzten Böden von einer relativ hohen Wasserspeicherkapazität auszugehen ist, muss aufgrund der hohen Niederschlagsmengen und dem geringen Zwischenfruchtanbau v.a. auf flachgründigen Standorten mit relevanten N-Verlusten durch Nitrat-Auswaschung gerechnet werden. Beim Anbau von Erbsen werden Anbaupausen von mindestens fünf Jahren, meist jedoch längere Abstände eingehalten.

Problemanalyse: Obwohl auf dem Betrieb beim Anbau von Erbsen eine Anbaupause von mindestens fünf Jahren (meist länger) eingehalten wird, gehen die Erbsenerträge deutlich zurück. Auf Erbsenflächen wurde nach einer normalen Jugendentwicklung im weiteren Verlauf ein Vergilben bzw. ein Aufhellen der Blätter der Erbsenpflanzen beobachtet. In den Jahren 2005 und 2006 wurden zwei Erbsenschläge (A & B) untersucht. Auf Schlag A wurde in der Vergangenheit festgestellt, dass deutliche Unterschiede in der Erbsenentwicklung mit ehemaligen Teilschlaggrenzen übereinstimmen, obwohl der Schlag bis dahin schon seit zehn Jahre einheitlich bewirtschaftet wurde. Zur Untersuchung der Ursachen

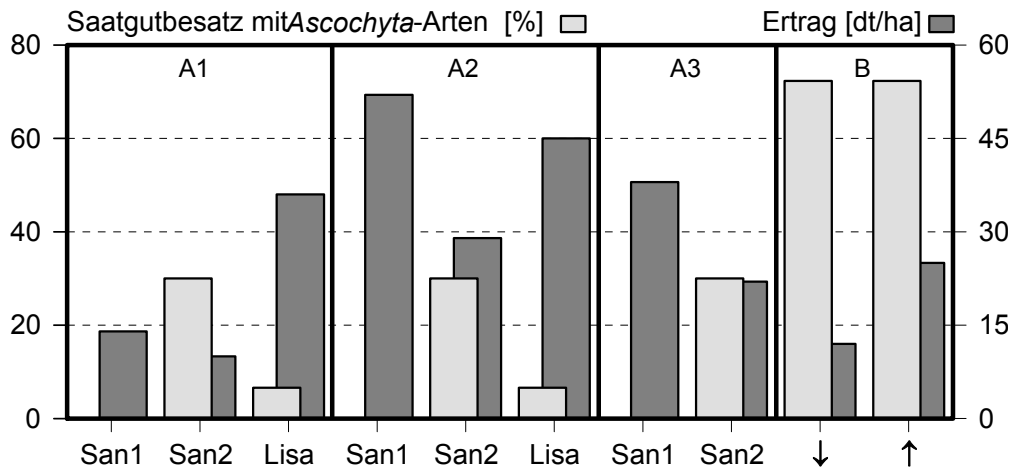
erfolgte 2005 die Ansaat von drei Erbsenstreifen quer zu den ehemaligen Teilschlaggrenzen, sowie die Untersuchung von Messpunkten auf drei der Teilschläge. Es wurden zwei Partien der Sorte 'Santana' (1.: konventionelles Z-Saatgut, ungebeizt, niedriger Schaderregerbesatz; 2.: ökologisches Z-Saatgut) und die Sorte 'Lisa' (konventionelles Basissaatgut, ungebeizt) eingesetzt. Die 2006 untersuchten Messpunkte lagen auf Schlag B jeweils in einem stark geschädigten (↓) und einem weniger stark geschädigten Bereich (↑) eines Erbsen-Sommergersten-Gemenges. Pflanzen- und Bodenproben wurden zum Stadium der Blüte entnommen. Auf beiden Schlägen traten deutlich Schäden an den Erbsen auf. Die Erbsenpflanzen waren z.T. deutlich kleiner, mit von unten gelb werdenden Blättern, und der Unkrautdruck weitaus höher als in weniger geschädigten Bereichen. Die Symptome an Blättern und Stängeln – soweit vorhanden – waren wenig spezifisch. Alle untersuchten Erbsenpflanzen wiesen schwarz-braun verfärbte Wurzeln auf und der Knöllchenbesatz war meist reduziert. In beiden Jahren wurde auch an jedem Messpunkt der Ertrag bestimmt und das Erntegut auf Schaderregerbesatz untersucht.

Die großen Unterschiede im Ertragsniveau zwischen den verschiedenen Teilschlägen sind wahrscheinlich teilweise auf Unterschiede in der Nährstoffversorgung zurückzuführen. Die P-Versorgung lag auf den Teilschlägen A1 und A3 auf sehr niedrigem Niveau. Auch andere Nährstoffgehalte (Magnesium, Zink und Bor) und der pH-Wert waren dort niedriger als auf Teilschlag A2, aber noch auf gutem bis ausreichenden Niveau. Ein Einfluss weiterer, hier nicht untersuchter Bodeneigenschaften ist nicht ausgeschlossen. So können die hohen Mangan-Werte an allen Messpunkten ein Hinweis auf Staunässe oder starke Verdichtungen sein. Auf Schlag B ist ein Zusammenhang von Bodeneigenschaften und Erbsenwachstum nicht ersichtlich.

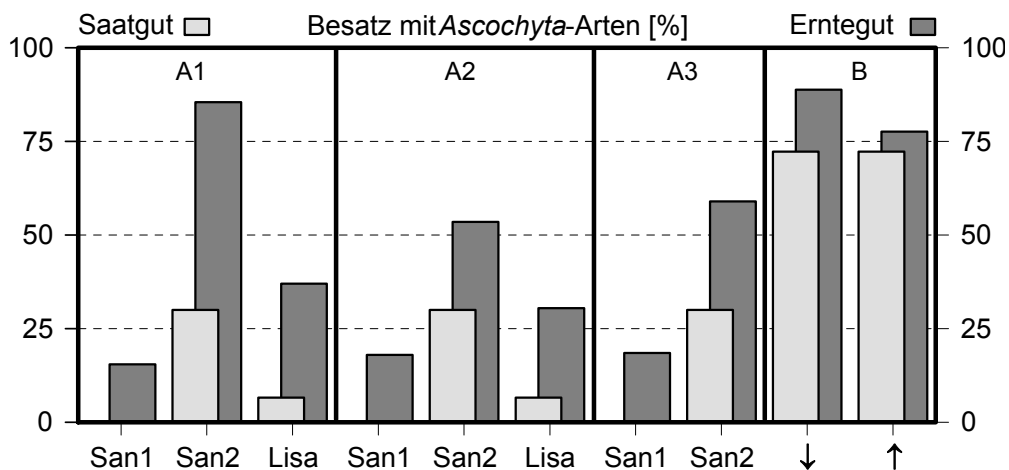


Die Verfärbungen der Erbsenwurzeln weisen auf Fußkrankheiten als eine Ursache der Pflanzenschäden hin. Die Analyse der Wurzelproben ergab für alle untersuchten Schläge einen Besatz mit *Ascochyta pinodella* sowie z.T. mit *Ascochyta pinodes* und *Fusarium*-Arten, obwohl die Belastung des Bodens z.B. auf Schlag B nach einer zehnjährigen Anbaupause unwahrscheinlich ist. Allerdings ist dort eine Infektion durch die vorjährige Wickenzwischenfrucht nicht ausgeschlossen. Neben der reinen Identifizierung der Schaderreger an den Erbsenwurzeln ergab die Analyse nicht, welche Schaderreger in welchem Maße an der Schädigung der Pflanzen beteiligt waren.

Eine Ursache für das Vorhandensein von Fußkrankheitserregern an Erbsenwurzeln auf Schlägen mit langen Erbsen-Anbaupausen kann der Schaderregerbesatz des Saatgutes sein. Während die konventionellen 'Santana'- und 'Lisa'-Partien relativ geringe Besatzdichten an Schaderregern aufwiesen, lagen sie bei der ökologisch erzeugten 'Santana'-Partie und dem eigenen Nachbau der Sorte 'Hardy' auf hohem Niveau. Aus den Ergebnissen von Schlag A wird ein deutlicher Einfluss der unterschiedlichen Besatzdichte mit *Ascochyta*-Arten auf den Ertrag ersichtlich.



Alle Erntegutproben wiesen eine Belastung mit Schaderregern auf, z.T. auf sehr hohem Niveau. Aus den Ergebnissen wird ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem *Ascochyta*-Besatz am Saatgut und dem des jeweiligen Erntegutes ersichtlich.



Obwohl der Saatgutbesatz v.a. aus *Ascochyta pisi* bestand, einem Pilz der meist den Spross befällt (Brennfleckenkrankheit), wiesen die Symptome bezüglich einer Beeinträchtigung des Erbsenwachstums auf eine zweitrangige Bedeutung hin. Gleiches gilt für den Befall mit Erbsenrost und Falschem Mehltau.

Insgesamt kann man davon ausgehen, dass der Ertragsrückgang der Erbsen u.a. mit einer Schädigung der Wurzeln zusammenhängt. Dabei scheinen die Nährstoffverfügbarkeit und evtl. andere Bodeneigenschaften eine Rolle zu spielen. Als wesentlicher

Einflussfaktor wurde auf den untersuchten Flächen jedoch der Besatz des Saatgutes mit Schaderregern identifiziert. Aufgrund der nachgewiesenen Schaderreger kann davon ausgegangen werden, dass auch auf diesem Betrieb ein Ursachenkomplex aus den bodenbürtigen Schaderregern der Arten *Fusarium* und *Ascochyta* an den Symptomen beteiligt ist. Die Sorte 'Lisa' scheint – zumindest auf Teilschlag A1 – gegenüber den Wachstumshemmungen weniger empfindlich zu sein als die Sorte 'Santana'.

Lösungsansätze bzw. Handlungsempfehlungen in Bezug auf die Probleme beim Erbsenanbau werden in Kapitel "Betriebsübergreifende Darstellung und Fazit" behandelt.

2.5 Periphere Untersuchungsthemen

2.5.1 Langfristiger Ertragsrückgang bei Getreide auf einem Hohertragsstandort

2.5.1.1 Auslöser

Von Betrieb B1, einem Betrieb mit hohem Ertragsniveau, wurde über langjährig sinkende Getreideerträge, vor allem bei Winterroggen, berichtet. Diese Beobachtung wurde auch bei Flächen mit guter Nährstoffversorgung und nach Leguminosenstilllegung als Vorfrucht gemacht. Eine vom Betriebsleiter vermutete Ursache ist ein vermehrtes Auftreten von Pilzkrankheiten aufgrund einer höheren Anfälligkeit der verwendeten Getreidesorten. Die Angaben zu Sortenvergleichen des Bundessortenamtes wurden aufgrund der konventionellen Testbedingungen als wenig übertragbar angesehen. Auch die Ergebnisse ökologischer Sortenvergleiche wurden in diesem Fall als wenig geeignet bewertet, da sie im allgemeinen auf Standorten mit deutlich geringerem Ertragspotential durchgeführt werden.

2.5.1.2 Fragestellungen

- Welchen Einfluss hat auf einem Hohertragsstandort, nach Leguminosenvorfrucht und unter Bedingungen des Ökolandbaus die Sortenwahl auf den Roggenertrag?
- Ändert sich die Ertragsbildung von Roggen durch unterschiedliches Mulchmanagement der Klee grasvorfrucht?

2.5.1.3 Material und Methoden

Feldversuch:

- Umbruch der Vorkultur Klee gras (gemulcht) und Anlage des Versuchs und des Roggens am 09. November 2004.
- Faktor 1, Klee grasmanagement: A: 5 Mulchgänge bei der Vorfrucht Klee gras, B: Verzicht auf den letzten der 5 Mulchtermine.
- Faktor 2, Roggensorte: a: 'Boresto', b: 'Avanti', c: 'Caroass', d: 'Nikita', c: 'Recrut'.
- Jede Faktorkombination war in zwei Wiederholungen vorhanden. Nur bei den Mulchverfahren wurde zwei echte Wiederholungen angelegt.
- Parzellengröße 180 m².
- Bodenprobenahme für N_{min} im November und im März aus 12 der 20 Parzellen (4 Einstiche auf 90 cm je Parzelle). Bodenproben für andere chemische & physikalische Parameter aus drei Parzellen (Ergebnisse sieh hierzu Betriebsbericht B1 Schlag A).
- Roggendrusch mit Parzellenmähdrescher von >7 m².
- Versuchsdesign:

Aa	Ba	Aa	Ba
Ab	Bb	Ab	Bb
Ac	Bc	Ac	Bc
Ad	Bd	Ad	Bd
Ae	Be	Ae	Be

Die geplante Wiederholung des Versuchs im Jahr 2006 war nicht möglich, da der Betrieb aus ökonomischen Gründen 2006 Roggen nicht auf geeigneten Flächen angebaut hat.

Ermittlung physikalischer & chemischer Boden und Pflanzenparameter: Die Bestimmung der Bodenart erfolgte durch Fingerprobe (TUM, Bioanalytik Weihenstephan), bei allen anderen Parametern wurden die in Kapitel 2.2.1.4 beschriebenen Methoden verwendet. Als Indikator für die N-Nettomineralisation in der Vegetationsperiode wurde die Differenz aus Korn-N (kg/ha) * 1,66 (Berücksichtigung von Stroh & Wurzeln) und Nmin im Frühjahr verwendet.

Krankheitsbonituren an der Pflanze: Visuelle Bonitur von 15 Pflanzen je Parzelle auf Echten Mehltau (*Erysiphe graminis*), Blattfleckenkrankheit (*Rhynchosporium secalis*) und Braunrost (*Puccinia recondita*) am 27.06.2005.

Auswertung: Zur Auswertung des Faktors Klee grasmanagement wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Bei dem Faktor Sorten war dies aufgrund der Versuchsanlage nicht möglich. In allen Abbildungen sind deshalb die jeweiligen Spannweiten der Messwerte dargestellt. Für die statistischen Verfahren Varianzanalyse und Regressionsanalyse wurde das Programm SPSS verwendet.

2.5.1.4 Ergebnisse

Saatgut und Pflanzendichte: Tausendkorngewicht (TKG) und Keimfähigkeit des eingesetzten Roggensaatguts unterschied sich nicht sehr stark zwischen den verschiedenen Sorten (Tab. 5.1). Auch die Pflanzendichte im Frühjahr wies keine extremen Unterschiede auf.

Tabelle 5.1: Saatguteigenschaften und Pflanzendichte am 22.03.2005

Sorte	Boresto	Avanti	Caroass	Nikita	Recrut
TKG	35,5		34,8	35,7	33,7
Keimfähigkeit	93		93	93	90
Pflanzen / m ²	69	55	71	59	63

Nmin: Die Ergebnisse der Nmin-Untersuchung im Herbst 2004 und im Frühjahr 2005 sind in Abbildung 5.1. dargestellt. Das unterschiedliche Klee grasmanagement hatte weder auf die Herbst- noch auf die Frühjahrswerte einen signifikanten Einfluss. Die relativ hohen Nmin-Werte unter dem Klee grasbestand Ende Oktober weisen darauf hin, dass der aus dem Mulch mineralisierte N nicht komplett von Pflanzen aufgenommen werden konnte. Die im Vergleich zum Herbst deutlich höheren Nmin-Mengen im März belegen eine winterliche N-Mineralisation und eine Verlagerung in tiefere Bodenschichten. Inwieweit N-Verluste aus der durchwurzelbaren Zone auftraten kann aus den Ergebnissen nicht abgeleitet werden. Allerdings ist die Wasserhaltefähigkeit des lehmigen Bodens hoch und damit die Auswaschungsgefahr eher gering.

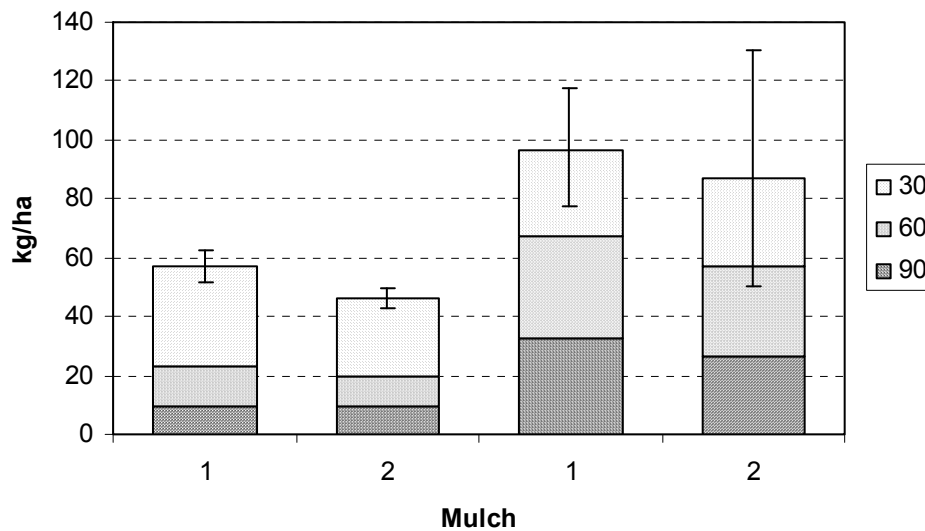


Abbildung 5.1: Nmin Ende Oktober 2004 (links) und Mitte März 2005 (rechts), Variante 1: 5 Mulchschnitte, Variante 2: Verzicht auf den letzten Mulchschnitt (Balken: Spannweite)

Ertrag: Die fünf Roggensorten lagen mit Ausnahme der Sorte 'Avanti' im Ertrag auf gleichem Niveau. 'Avanti' erreichte ein um ca. 10 dt/ha höheren Ertrag. Das insgesamt hohe Ertragsniveau lag im oberen Bereich der vom Betrieb in der Vergangenheit erreichten Erträge. Der langfristige Ertragsrückgang war auf dem untersuchten Schlag im Jahr 2005 somit nicht festzustellen. Die N-Menge im Korn entspricht in der Abstufung dem Ertrag und lag im Schnitt bei ca. 90 kg N/ha, d.h. ungefähr in Höher der Nmin-Menge (0-90 cm) im Frühjahr. Der Proteingehalt im Roggenkorn lag im Mittel bei 10,4%, er wurde weder durch das unterschiedliche Mulchen noch durch die verschiedenen Sorten beeinflusst. Auch beim Ertrag des Roggens konnten keine Auswirkungen des unterschiedlichen Klee grasmanagements festgestellt werden (Abb. 5.2.).

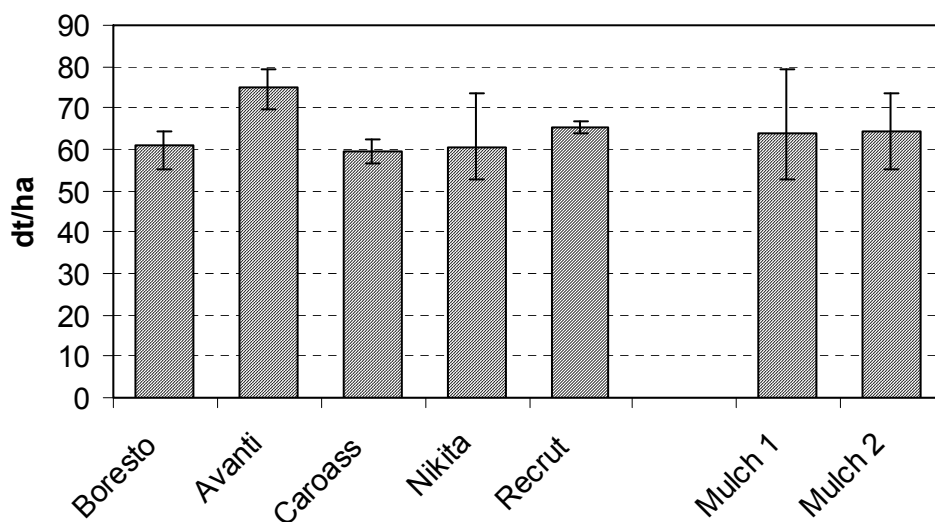


Abbildung 5.2: Roggenerträge am 12.08.2005 in den verschiedenen Varianten Mulch-variante 1: 5 Mulchschnitte, Variante 2: Verzicht auf den letzten Mulchschnitt (Balken: Spannweite)

Ein Zusammenhang zwischen Ertrag und Nmin im Frühjahr wurde nur für die Schicht 30-90 cm festgestellt (Abb. 5.3). Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser N v.a. im Herbst und über Winter mineralisiert wurde. Weiterhin zeigt sich: Je geringer die Nmin-Menge im Frühjahr war, desto höher lag die N-Nachlieferung in der Vegetationsperiode. Dieser Effekt reichte aber für einen Ausgleich in der N-Versorgung nicht aus (Abb. 5.4). Daraus kann geschlossen werden, dass sowohl die Geschwindigkeit als auch die Höhe der N-Mineralisation in der Fläche variiert. In Bereichen schnellerer Mineralisation ist diese auch insgesamt höher. Gründe für die großen Unterschiede können ein heterogener Klee-grasbestand (Klee/Gras-Zusammensetzung, Mäusefraß, Bodenunterschiede...), Unterschiede in der biologischen Aktivität des Bodens oder anderer Bodeneigenschaften sein.

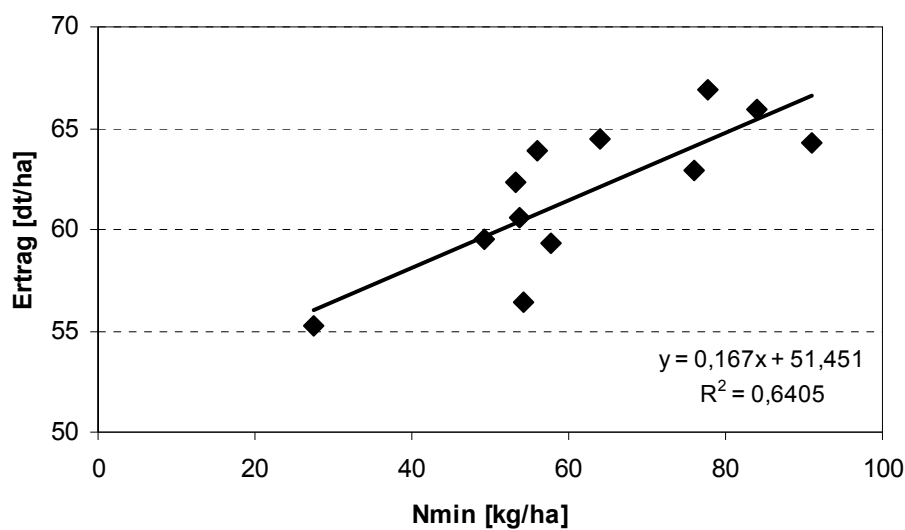


Abbildung 5.3: Streudiagramm mit den Größen Nmin in 30-90 cm und Roggenertrag mit der Regressionsgeraden (nur 'Boresto', 'Caroass' und 'Recrut' untersucht)

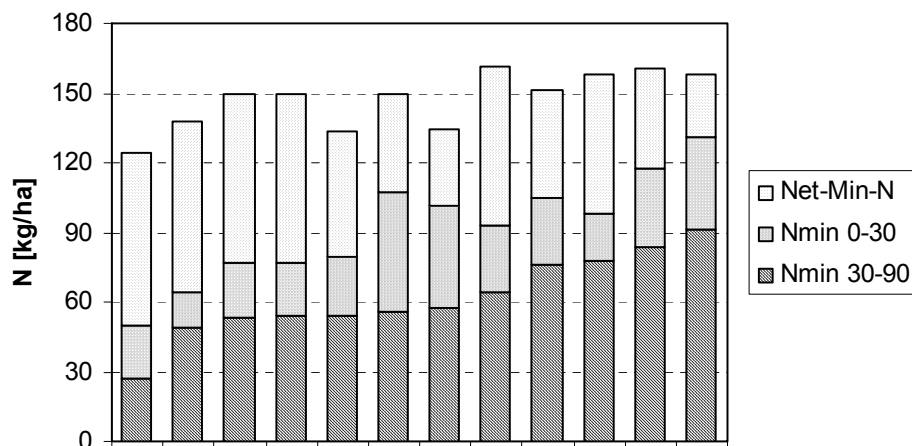


Abbildung 5.4: Nmin im Frühjahr und der Indikator für die N-Netto-Mineralisation in 12 Parzellen sortiert nach den Nmin-Werten in 30-90 cm (nur Parzellen mit Boresto, Caroass und Recrut untersucht); Definition N-Netto-Mineralisation: Korn-N + Stroh-N + Wurzel-N – Nmin-März

Krankheitsbefall: Zur Klärung der Ertragsfaktoren wurden neben den Nmin-Gehalten auch der Mehltau-, Braunrost- und Blattfleckenkrankheitsbefall bonitiert. Der Krankheitsdruck war insgesamt aufgrund der Witterung und des günstigen Mikroklimas im fast unkrautfreien Bestand relativ gering. Einen deutlich negativen Einfluss vom Krankheitsbefall auf den Ertrag konnte nur bei der Blattfleckenkrankheit ermittelt werden (Abb. 5.5).

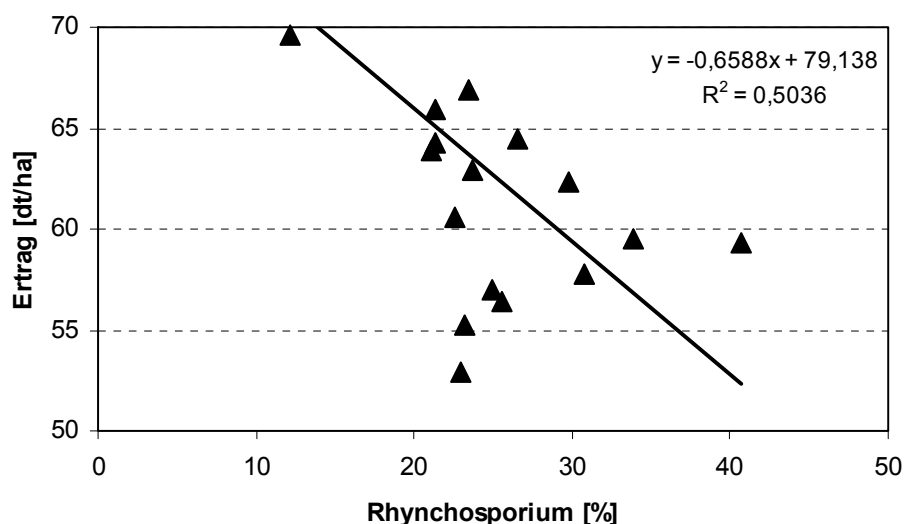


Abbildung 5.5: Streudiagramm mit den Größen Rhynchosporiumbefall (befallene Fläche auf Fahnen- und 2. Blatt am 27.06.05) und Roggenertrag mit der Regressionsgeraden

Tabelle 5.2: Versuchsergebnisse zu den untersuchten Roggensorten im Vergleich zu Angaben des Bundessortenamtes und aus Öko-Sortenversuchen

		Sorten				
	Quelle Einheit	Boresto	Avanti	Caroass	Nikita	Recrut
TKG	g	35,5	k.A.	34,8	35,7	33,7
KF	%	93	k.A.	93	93	90
Pfl/m² 22.03.2005		69	55	71	59	63
Mehltau Bonitur	B1 05 ¹ %	0,5	1,3	0,3	0,8	0,9
Anfälligkeit Mehltau	BSA 1-9 ²	3	4	4	3	4
Rhynchosporium Bonitur	B1 05 %	24,0	10,4	32,5	25,2	21,8
Anfälligkeit Rhynchosporium	BSA 1-9	5	4	5	5	5
Braunrost Bonitur	B1 05 %	0,9	5,8	2,0	1,6	1,6
Anfälligkeit Braunrost	BSA 1-9	4	6	5	4	4
Roggenertrag 2005	B1 05 dt/ha	61	75	59	60	65
Kornertrag Stufe 1	BSA 1-9	4	8	6	4	5
Kornertrag Stufe 2	BSA 1-9	4	8	5	4	5
Ertrag ÖSV 2002 ³	Relativ %	85-96	110-132	107-128	85-104	101-101
Ertrag ÖSV 2003	Relativ %	87-96	111-137	84-109	88-100	91-113

¹: Roggenversuch Betrieb B1 2005

²: Vergleichende Sortenliste des Bundessortenamtes (Bewertungsschema 1-9)

³: Öko-Sortenversuche

Vergleich mit Sortenversuchen: Die eigenen Ergebnisse bestätigten im Wesentlichen die Angaben des Bundessortenamtes (BSA) und die Ergebnisse aus Öko-Sorten-Versuchen (ÖSV) (Tab. 5.2.). Für Anbaubedingungen, die denen von 2005 ähneln, können bei der Sortenwahl die BSA- und ÖSV-Angaben als Entscheidungshilfe dienen. Für abweichende Bedingungen, besonders bei einem höheren Krankheitsdruck, kann hier keine Aussage getroffen werden.

2.5.1.5 Zusammenfassung / Fazit

Insgesamt geben die Untersuchungsergebnisse folgende Hinweise zu möglichen Ursachen des langfristigen Ertragsrückgangs:

- Die N-Mineralisation scheint auf dem Standort z.T. sehr schnell und auch über Winter in relevantem Maße zu erfolgen. Dies kann dazu führen, dass über Winter N verlagert bzw. verloren geht und im Frühsommer die Menge an verfügbarem und für die Pflanze erreichbarbarem N nicht immer für die Bildung hoher Erträge ausreicht. Es sollten deshalb Möglichkeiten geprüft werden die Mineralisation über Winter zu verlangsamen (z.B. später Umbruch, späte Saat von Wintergetreide, N-Düngung im Frühjahr).
- Pilzliche Krankheiten können bei dem angestrebten Ertragsniveau (und dem damit verbundenen N-Niveau und der entsprechenden Pflanzendichte) zu deutlichen Ertragseinbußen führen. Die Biologie der bedeutsamen Krankheiten sollte bei Anbaumaßnahmen berücksichtigt werden (Auswirkung von Fruchtfolge, Saatzeit, Saatedichte etc.) und es sollten möglichst resistente bzw. tolerante Sorten gewählt werden.
- Langsam sinkende Grundnährstoffgehalte (siehe auch detaillierte Beschreibung von Betrieb B1) können auf einzelnen Schlägen oder in Teilbereichen dazu beitragen, dass Maximalerträge nicht mehr erreicht werden. Auch wenn bei den betrieblichen Nährstoffuntersuchungen für das Schlagmittel noch eine ausreichende Versorgung festgestellt wird, können einzelne Bereiche zu niedrig liegen. Im Zweifelsfall sollte die Wirkung von zugelassenen Düngemitteln geprüft werden.

2.5.2 Vergleich von Analyseergebnissen und Düngempfehlungen nach VDLUFA und nach Kinsey Agricultural Services

2.5.2.1 Auslöser

Von Beratern und Betriebsleitern aus dem Bereich des Ökolandbaus wurde in der letzten Zeit von einem neuen Ansatz zur Untersuchung und Beurteilung von Bodennährstoffen berichtet. Diese Methode wird von der, in der USA tätigen und in Deutschland durch die "Bayer Handelsvertretung" vertretenen "Kinsey Agricultural Services Inc." angeboten. Einzelne Akteure des Ökolandbaus vertreten die Meinung, dass die Bodenanalyse und die abgeleiteten Düngempfehlungen für den Ökolandbau besser geeignet seien, als die Methode nach VDLUFA.

2.5.2.2 Fragestellungen

- Inwieweit unterscheiden sich Bodenuntersuchungsergebnisse nach der Kinsey- und der VDLUFA-Methode?
- Sind die Zielwerte für einzelne Nährstoffe im Boden unterschiedlich? Worauf beruhen eventuelle Unterschiede?
- Weichen die resultierenden Düngempfehlungen stark voneinander ab?

2.5.2.3 Material und Methoden

Probenmaterial und Analytik: Aus dem großen Pool der im Rahmen des Projekts gezogenen Bodenproben wurden zehn Proben ausgewählt. Die Bodenart von sechs Proben variierte zwischen schwach und stark lehmigem Sand, drei Proben stammten von schluffreichen Böden und eine Probe wies einen hohen Tongehalt (ca. 50%) auf. Zusätzlich zur Standardanalyse nach VDLUFA wurden die Proben auch durch die Firma "Kinsey Agricultural Services Inc." untersucht. In Tabelle 5.3 sind sowohl Informationen zu den VDLUFA-Methoden als auch zur "Kinsey-Methodik" aufgeführt.

Auswertung: Bei Parametern die nach beiden Methoden untersucht wurden, erfolgte ein Vergleich mit Hilfe von Korrelations- und Regressionsanalysen. Für die statistischen Verfahren wurde das Programm SPSS verwendet.

Tabelle 5.3: Analysemethoden für physikalischer & chemischer Bodenparameter

Parameter	Methode	Quelle	Durchführung
VDLUFA-Methoden			
Sand-, Schluff- & Tonanteil	Analyse oder Fingerprobe	DIN 19683b, 1973	Uni Kassel ¹
Corg, Nt	Elementar-Autoanalyser		TU München ²
Org. Substanz	Corg x 1,724		
pH	0,01 M CaCl ₂	HOFFMANN, 1991	
P ₂ O ₅ , K ₂ O	CAL		
Mg	0.01 M CaCl ₂		
Bor	heißwasserlöslich		
Fe, Cu, Mn, Zn	CAT		
Kinsey-Methoden			
Potentielle Kationen-austauschkapazität	Keine Angaben	KINSEY AGRICULTURAL SERVICES INC. ³	KINSEY AGRICULTURAL SERVICES INC.
Basensättigung			
Humus	Walkley-Black Methode: Kaliumdichromate / Schwefel-säure, 90 min, 90°C, Spectrophotometer		
pH	in Wasser, 1:3		
N "ENR" zu erwartende N-Freisetzung aus Humus	Schätzung, ohne weitere Angaben		
P ₂ O ₅ (Olsen-P)	0,5 M Natriumhydrogen-carbonat		
Ca, Mg, K, Na	1 N Ammoniumacet auf pH 7 gepuffert, Atomabsorptions-spectrophotometer		
B	Wasserextrakt, nass-chemisch, Spectrophotometer		
Fe, Mn, Cu, Zn	0,1 N HCl		

¹ Universität Kassel, Witzenhausen, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung

² Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Bioanalytik Weihenstephan

³ Persönliche Mitteilung von Y.T. Bayer.

2.5.2.4 Ergebnisse

Analysenergebnisse: Die Analysenergebnisse waren beim pH-Wert, dem Humusgehalt und den Mikronährstoffen direkt vergleichbar, da identische Einheiten benutzt wurden. Die Makronährstoffe wurden hingegen bei Kinsey in kg/ha und nach der Standardmethode (VDLUFA) in Bodengehalten (mg/100g) angegeben.

Eine Diskussion der Kinsey-Ergebnisse für die Kationenaustauschkapazität, die Basensättigung sowie die Mengen an Ca, S und Na ist nicht möglich, da hierzu keine Vergleichsanalysen nach VDLUFA-Methoden durchgeführt wurden.

Die pH-Werte beider Methoden weisen einen sehr engen Korrelation auf (Abb. 5.6). Erwartungsgemäß liegt der pH-Wert bei der Verwendung einer CaCl₂-Lösung (VDLUFA)

niedriger als bei Wasser (Kinsey).

Auch die Humusgehalte stehen in sehr engem Zusammenhang. Der nasschemische Aufschluss (Kinsey) erbringt im Schnitt etwas höhere Werte als die Verwendung eines Elementar-Autoanalysers.

Auch bei den Kalium-Werten besteht eine enge Korrelation zwischen den Ergebnissen der beiden Methoden. Nur eine Probe weist bei Kinsey deutlich höhere Werte auf, als im CAL-Extrakt. Diese Probe hat den mit Abstand höchsten Tongehalt (ca. 50%).

Die Ergebnisse der P-Analyse weisen zwar eine signifikante Korrelation auf. Die Werte streuen jedoch weitaus stärker, als z.B. bei K.

Bei Mg, B, Zn und Cu wurden relativ enge Korrelationen zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Methoden gefunden, die jedoch z.T. (B und Zn) mit deutlichen Niveauunterschieden verbunden waren. Bei Cu bildete die tonreiche Probe mit extrem hohen Werten bei der CAT-Methode wieder einen Ausreißer.

Bei Mn und Fe war der Zusammenhang zwischen den Methoden am geringsten ausgeprägt und mit starken Niveauunterschieden verbunden.

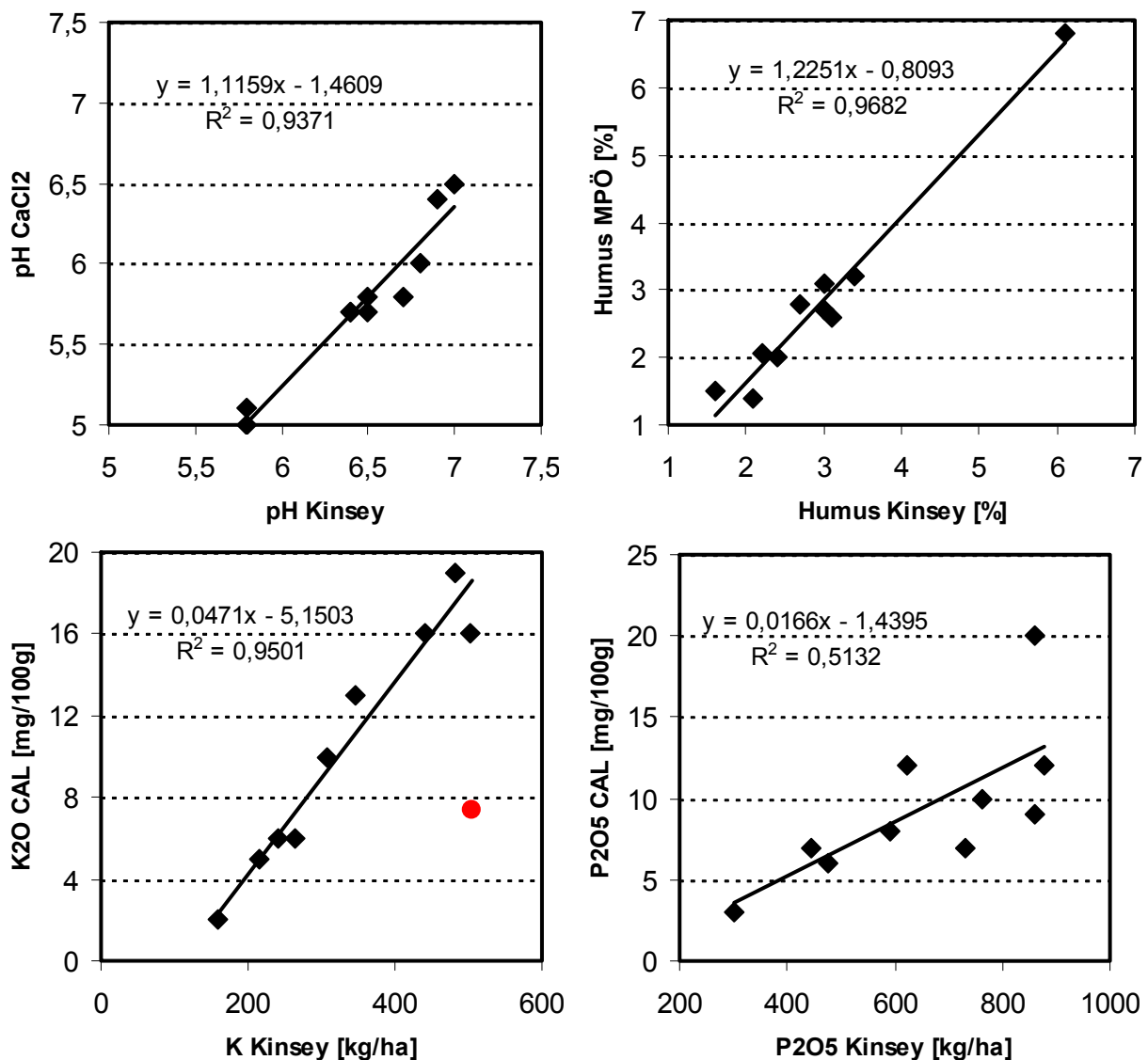


Abb. 5.6a: Streudiagramme verschiedener Bodenparameter jeweils nach VDLUFA (y) und nach Kinsey (x) mit Regressionsgeraden

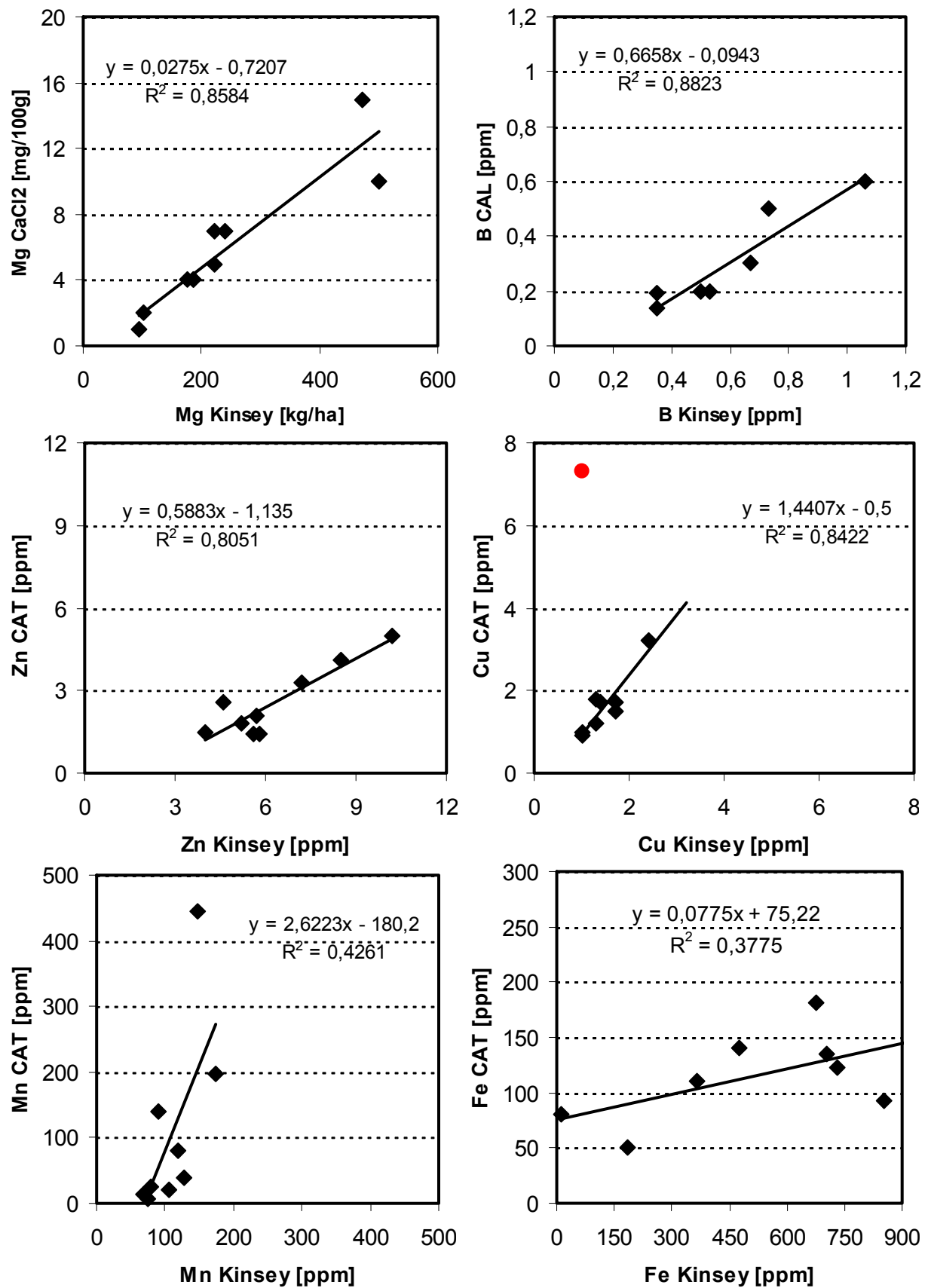


Abb. 5.6b: Streudiagramme verschiedener Bodenparameter jeweils nach VDLUFA (y) und nach Kinsey (x) mit Regressionsgeraden

Zielwerte: Von der VDLUFA werden Zielwerte für pH-Wert und Nährstoffgehalte im Boden nach Bodenart, z.T. unter Berücksichtigung des Humusgehalts bzw. des pH-Werts abgeleitet.

Im Kinsey-Ergebnisbericht werden nur Zielwerte für Ca, P, K, Mg und Na aufgeführt. Für Ca, Mg und Na werden diese Zielwerte aus der potentiellen Kationenaustauschkapazität (KAK) berechnet. Beim Zielwert für Mg wird zusätzlich ein angestrebtes Ca:Mg-Verhältnis berücksichtigt, das nicht bei allen Böden identisch ist. Die Berechnungsmethode für den K-Zielwert konnte bis zur Berichtslegung nicht geklärt werden. Den Düngempfehlungen für die Mikronährstoffe liegen anscheinend bodenunabhängige einheitliche Zielwerte zugrunde, die jedoch nicht aufgeführt werden. Zur Auswertungsmethode der Sulfat-S-Analyseergebnisse im Hinblick auf Düngempfehlungen lagen zum Zeitpunkt der Berichtslegung keine Informationen vor.

Ein Vergleich von VDLUFA und Kinsey ist nur bei den Zielwerten für pH bzw. Ca, P, K und Mg möglich bzw. sinnvoll. Allerdings werden auch hier bei den beiden Methoden verschiedene Einheiten verwendet, so dass ein direkter Vergleich der absoluten Werte nicht möglich ist.

Zwischen dem Zielwert für den pH-Wert nach VDLUFA und den Zielwerten für die Ca-Versorgung nach Kinsey ist ein leichter Zusammenhang zu erkennen (Abb. 5.7). Die tonreiche Bodenprobe bildet auch hier einen Ausreißer. Der hohe Ca-Zielwert (7000 kg/ha) für diesen Boden beruht auf der extrem hohen Kationenaustauschkapazität dieser Probe.

Bei P gehen beide Bewertungssysteme von einem für alle hier untersuchten Böden identischen Zielwert aus.

Die Zielwerte von K und Mg nach VDLUFA weisen keinen Zusammenhang zu den Zielwerten nach Kinsey auf.

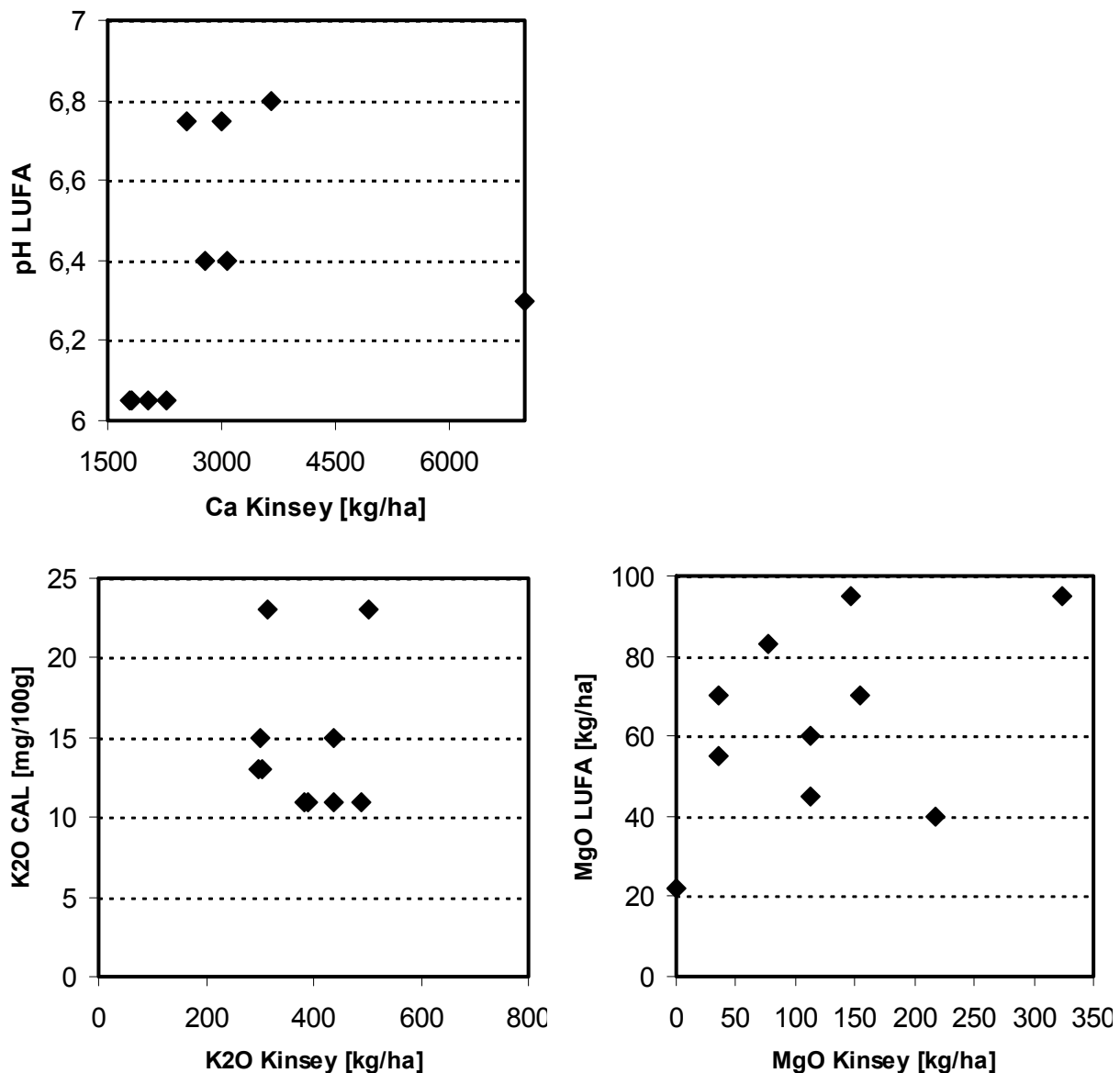


Abb. 5.7: Streudiagramme verschiedener Nährstoff-Zielwerte jeweils nach VDLUFA (y) und nach Kinsey (x)

Düngeempfehlungen: Die Düngungsempfehlungen nach VDLUFA und nach Kinsey unterscheiden sich sehr stark. Mg ist der einzige Nährstoff bei dem ein leichter Zusammenhang zwischen den beiden Methoden zu erkennen ist (Abb. 5.8). Die VDLUFA-Empfehlungen erfolgen jeweils nach Berücksichtigung der Bodenart, der Versorgungstufe des Bodens sowie einem definierten Pflanzenbedarf. Bei Kinsey ist nur für den Nährstoff Mg ein Zusammenhang von der Düngungsempfehlung und der Differenz von Zielwert und gemessenem Bodenwert ersichtlich. In den anderen Fällen (z.B. K) ist kein Zusammenhang zu erkennen oder es ist kein Zielwert genannt (wie bei S und den Mikronährstoffen). Die Düngungsempfehlungen sind somit mit Hilfe des Ergebnisberichts selten nachvollziehbar.

Während bei P, Mn und Ca nach Kinsey in keinem Fall eine Düngung empfohlen wird, ist dies nach VDLUFA bei P in allen Fällen notwendig und bei Mn in einem Fall. Auch wenn die Grenze für Düngungsempfehlungen nach VDLUFA auf den unteren Bereich von Versorgungsstufe B verschoben wird (wie z.T. im Ökolandbau üblich), kann noch für mehrere der untersuchten Böden eine Düngungsempfehlung für P abgeleitet werden. Auch eine Kalkung wird nach VDLUFA in jedem der untersuchten Fälle empfohlen, z.T. nur zur Erhaltung aber in vielen Fällen auch zur Anhebung des pH-Werts.

Der Bedarf einer Fe- bzw. Na-Düngung ist in Deutschland nach VDLUFA relativ selten. Bei Na erfolgt deshalb eine Untersuchung nur in Ausnahmefällen und für Fe ist keine Einteilung der Bodengehalte in Versorgungsstufen vorhanden. Auch nach Kinsey wird für die untersuchten Bodenproben in keinem Fall eine Na-Düngung empfohlen und nur in einem Fall (extrem toniger Standort) eine Fe-Düngung.

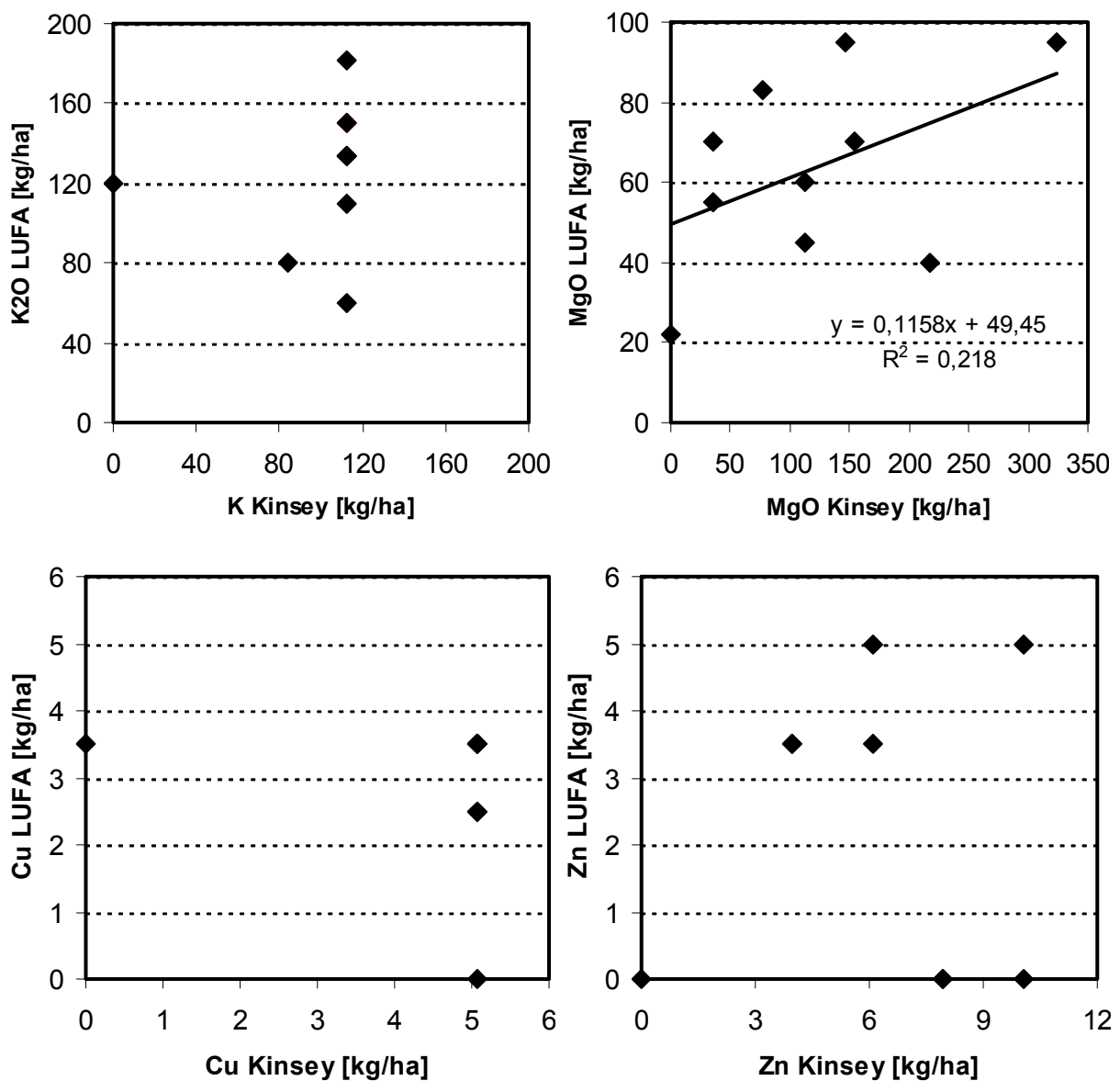


Abb. 5.8: Streudigramme verschiedener Düngungsempfehlungen (Nährstofffrachten) jeweils nach VDLUFA (y) und nach Kinsey (x), bei MgO mit der Regressionsgeraden

Kinsey empfiehlt für alle Böden eine B-Düngung. Nach VDLUFA erfolgt eine B-Düngungsempfehlung nach dem spezifischen Bedarf der angebauten Kultur. Für Getreide wird dabei keine Düngung empfohlen. Beim Anbau von z.B. Leguminosen ist auch nach VDLUFA bei allen Böden eine B-Düngung notwendig, die Aufwandsmenge liegt jedoch ca. bei der Hälfte der Kinsey-Empfehlung.

Bei Cu und Zn ist nach beiden Beurteilungssystemen bei einer Reihe von Böden eine Düngung notwendig. Es ist jedoch kein Zusammenhang zwischen den Empfehlungen nach den beiden Methoden zu erkennen. Die durchschnittliche Düngungsmenge nach Kinsey liegt auf einem deutlich höheren Niveau (2-3fach) als die empfohlene Düngung nach VDLUFA.

2.5.2.5 Zusammenfassung / Fazit

Die Düngeempfehlungen der beiden verwendeten Analyse- und Bewertungssysteme – VDLUFA und Kinsey – für die zehn untersuchten Böden unterscheiden sich sehr stark. Eine einheitliche Tendenz, z.B. höhere Düngeempfehlungen bei einem System, ist nicht festzustellen. Bei einigen Nährstoffen wird nach Kinsey eine Düngung empfohlen und nach VDLUFA keine, bei anderen Nährstoffen ist es umgekehrt. Nährstoffe bei denen nach beiden Methoden eine Düngung empfohlen wird zeigen keinen Zusammenhang in der Düngemenge oder in der Auswahl der Böden die gedüngt bzw. nicht gedüngt werden sollen.

Diese Unterschiede in den Düngeempfehlungen sind nur in wenigen Fällen auf die jeweilige Analysemethode der Bodennährstoffe zurückführen. So weisen der pH-Wert, der Humusgehalt und die Gehalte der Nährstoffe K, Mg, B, Cu und Zn eine sehr ähnliche Differenzierung der 10 Bodenproben bei Verwendung der beiden Methoden auf. Bei K und Cu traten jedoch deutliche Unterschiede bei sehr tonigem Boden auf. Die absoluten Ergebnisswerte unterscheiden sich im Niveau oder sind aufgrund unterschiedlicher Einheiten kaum zu vergleichen, so dass eine direkte Übertragbarkeit der Analyseergebnisse nicht möglich ist. Deutliche Unterschiede in der Differenzierung der Proben traten nur bei den Nährstoffen P, Mn und Fe auf.

Einen deutlich größeren Einfluss auf die Unterschiede in den Empfehlungen zwischen den beiden Systemen haben anscheinend die jeweils verwendeten Zielwerte für einzelne Bodenparameter. Diese unterscheiden sich deutlich. Während nach VDLUFA die Bodenart und der Pflanzenentzug wichtige Kriterien für unterschiedliche Zielwerte bei verschiedenen Böden sind, wird diese bei Kinsey für einige Nährstoffe von der Kationenaustauschkapazität abgeleitet (z.B. Mg, Ca und Na). Zielwerte anderer Nährstoffe werden im Kinsey-Ergebnisbericht nicht genannt (S & Mikronährstoffe) oder ihre Berechnung konnte bis zur Berichtslegung nicht geklärt werden (K). Die absolute Höhe der Zielwerte nach VDLUFA und nach Kinsey sind wiederum kaum zu vergleichen, da unterschiedliche Einheiten verwendet werden.

Da der hier beschriebene Vergleich nur bei einer relativ kleinen Auswahl von Böden durchgeführt wurde, können die Ergebnisse nur als erste Hinweise gelten. Vor allem für neutrale bzw. alkalische Böden sollten weitere Vergleiche durchgeführt werden. Auch eine nähere Untersuchung der Analytik und der Ableitung von Düngungsempfehlungen für den Nährstoff S nach Kinsey ist von Interesse, da dort Probenahme und -transport unkomplizierter sind als bei der Smin-Methode (VDLUFA).

Aus den Ergebnissen kann keine Bewertung der beiden Analyse- und Bewertungssysteme hinsichtlich ihrer Eignung für den Ökolandbau abgeleitet werden. Auf der einen Seite sind für eine Bewertung in Bezug auf die Entwicklung von Kulturpflanzenbeständen bzw. von Bodeneigenschaften vergleichende Untersuchungen im Feld notwendig. Auf der anderen Seite sind zur Zeit für den Ökolandbau keine einheitlichen Grundsätze zur Pflanzenernährung vorhanden. Zwar muss für die Zufuhr von Nährstoffen über externe Düngemittel ein Bedarf nachgewiesen werden, eine eindeutige Definition dieses Bedarfs liegt zur Zeit jedoch nicht vor, auch wenn z.T. im Ökolandbau als Zielwert für Nährstoffgehalte die Versorgungsstufe B (VDLUFA) verwendet wird.

2.6 Bewertung des Forschungsansatzes

Der Forschungsansatz des hier beschriebenen Projekts war sowohl thematisch, als auch von der Herangehensweise her sehr offen angelegt. Zu Beginn des Projekts stand zwar fest, dass ackerbauliche Probleme im Ökolandbau bearbeitet werden sollten, die Entwicklung klar definierter Fragestellungen war jedoch erst im Rahmen der ersten Projektphase geplant. Auch die angestrebte Kooperation von Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern entwickelte sich erst im Laufe des Projekts, da die Kontakte bzw. die Anknüpfungspunkte zu den einzelnen Akteuren im Rahmen der thematischen Arbeit entstanden. Wie aus den vorhergehenden Kapiteln deutlich wird, gelang es mit diesem Forschungsansatz, neue Problembereiche im Öko-Ackerbau zu identifizieren und zu bearbeiten bzw. bekannte Fragestellungen in neuen Zusammenhängen zu untersuchen. Im Folgenden soll kurz auf die Voraussetzungen, die Möglichkeiten und die Einschränkungen des Forschungsansatzes eingegangen werden.

Ein wesentlicher Faktor, der zum Erfolg bei der Zusammenarbeit im Projekt beigetragen hat, war das intensive Interesse der Beteiligten am jeweiligen Thema. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für das Funktionieren einer Kooperation von Akteuren, deren Gemeinsamkeit u.a. durch Zeit- und Ressourcenknappheit geprägt ist. D.h. je stärker die Praktiker vom jeweiligen Problem betroffen sind oder ihr persönliches Interesse ist, je größer die Berater die Relevanz des Themas einschätzen und je höher die wissenschaftliche Attraktivität der Fragestellung ist, desto mehr Kapazitäten stehen bei der Bearbeitung zur Verfügung.

Weiterhin ist es wichtig, die Akzeptanz zwischen den einzelnen Beteiligten zu fördern. Beispielsweise müssen auf der einen Seite die wissenschaftlichen Ansprüche z.B. an die Untersuchungsmethodik deutlich gemacht und gegenüber den Zwängen der Praxis verteidigt werden. Auf der anderen Seite ist es u.a. wichtig klar zu machen, dass Handlungsentscheidungen auf landwirtschaftlichen Betrieben von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, bei denen die bearbeiteten Sachverhalte nicht immer an erster Stelle stehen können, und die Betriebsleitung nicht nur die Entscheidungen fällt, sondern auch das Risiko trägt.

Eine weitere wichtige Voraussetzung für die gewählte Herangehensweise sind die Kontakte zu kooperationsbereiten Beratern. Nur durch ihren Überblick über eine Vielzahl von Ökobetrieben ist eine zeitnahe, gezielte Auswahl nach bestimmten Kriterien möglich. Es bleibt zu hoffen, dass auch in Zukunft, trotz der sich wandelnden Beratungsstrukturen, diese wichtige Funktion erhalten werden kann.

Entscheidend für die erfolgreiche Einbeziehung von Praxiserfahrungen ist sowohl eine Bereitschaft der beteiligten Betriebsleiter, ihre Handlungsweise und die Prozesse der Entscheidungsfindung offen zu legen, als auch eine gute Betriebsdokumentation.

Die vorgestellten Ergebnisse des Projekts zeigen, dass mit dem gewählten Forschungsansatz sowohl Problembereiche identifiziert und damit weiterer Forschungsbedarf definiert werden kann, als auch die Erarbeitung fundierter, wissenschaftlicher Erkenntnisse über komplexe Zusammenhänge möglich ist. Die realisierbare wissenschaftliche Intensität hängt v.a. von den oben genannten Voraussetzungen und den zur Verfügung stehenden Ressourcen ab. Es ist dabei wichtig zu beachten, dass aus Sicht der Praxis schon ableitbare Hinweise zu Problemursachen bzw. Zusammenhängen von großem Interesse sein können, auch wenn die erzielten Ergebnisse eindeutige wissenschaftliche Beweise nicht erlauben.

Insgesamt kann eine wissenschaftliche Herangehensweise, die landwirtschaftlichen Betriebe nicht nur als Versuchsstandort, sondern als zentralen Forschungsgegenstand definiert, dazu beitragen, die komplexen Zusammenhänge im landwirtschaftlichen System besser zu verstehen. Bestehende wissenschaftliche Erkenntnisse können dabei integriert und ihre Bedeutung bzw. Übertragbarkeit unter Praxisbedingungen geprüft werden. Weiterhin bietet dieser Ansatz die Möglichkeit, wesentliche Wissenslücken zu identifizieren und z.T. auch zu schließen.

Vor allem für Fragestellungen, die unter kontrollierten Bedingungen kaum zu klären sind, wie z.B. sehr langfristige Prozesse oder Versuchsgegenstände, bei denen komplexe, nicht vollständig geklärte Faktorkombinationen eine wesentliche Rolle spielen, bietet sich der beschriebene Forschungsansatz an. Dabei kann es notwendig sein, bewusst eine, z.B. im Vergleich zu faktoriellen Versuchen, gewisse Unschärfe der Ergebnisse in Kauf zu nehmen, um das Ziel einer realitätsnahen Bearbeitung und einer besseren Umsetzungsmöglichkeit in die Praxis zu erreichen.

3 **Gegenüberstellung ursprünglich geplanter und erreichter Ziele**

- Ziel: Analyse ungeklärter ackerbaulicher Probleme auf langjährig ökologisch wirtschaftenden Betrieben und Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten.

Mit Hilfe von kooperierenden Beratern wurden eine Reihe von Betrieben mit ungeklärten Problemen ermittelt. Im Rahmen des Projekts konnten besonders die drei ausgewählte Themenbereiche (1) Humus und Getreideertrag, (2) Schadnester in Getreide und (3) Schäden bei Körnererbsen schwerpunktmäßig untersucht werden. In einigen Bereichen konnten neue Erkenntnisse zum Öko-Ackerbau erarbeitet bzw. bekannte Fragestellungen in neuen Zusammenhängen untersucht werden. Da es sich in allen Fällen um komplexe Sachverhalte handelte, war eine eindeutige Identifizierung bzw. Zuordnung von Problemursachen nicht immer möglich. In einzelnen Fällen konnten Lösungsansätze geprüft werden.

- Ziel: Problemspezifische Kooperation von Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern am Einzelfall.

Im Rahmen des Projekts gelang es zu den einzelnen bearbeiteten Themen Experten aus den Bereichen Wissenschaft und Beratung zu gewinnen. Über die gesamte Projektlaufzeit erfolgte eine enge Zusammenarbeit mit den Akteuren aus Praxis, Beratung und Wissenschaft. Aufgrund der begrenzten Zeit- und Mittelressourcen aller Beteiligten fand ein Großteil des Austauschs über die Projektleitung statt. Aber auch ein direkter Austausch zwischen Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern fand statt, z.B. bei einem Feldtag und einem Workshop. Auf diese Weise wurde schon während des Projekts der Erfahrungstransfer gefördert.

- Ziel: Aufarbeitung der untersuchten Betriebe zu Modellfällen.

Auf den Betrieben wurden sowohl problemspezifische Untersuchungen durchgeführt, als auch detaillierte Angaben zum Standort und zum Bewirtschaftungssystem ermittelt. Neben der betriebsübergreifenden Auswertung der Ergebnisse konnte auf dieser Basis eine detaillierte auf den einzelnen Betrieb bezogene Beschreibung und Diskussion des Bewirtschaftungssystems und des jeweiligen Problems erfolgen. Eine Kurzbeschreibung der Betriebe und eine Karte mit der geographischen Lage zu Beginn der Einzelbetriebs-Kapitel erlauben eine gezielte Suche bestimmter Standorte bzw. bestimmter Betriebstypen.

- Ziel: Dokumentation, Bewertung und Kritik der praktizierten Form der Zusammenarbeit. Der durchgeführte Forschungsansatz wurde kritisch beleuchtet und diskutiert.

- Forschungsbedarf

Die Ermittlung von Themen, die aufgrund ihrer Bedeutung für den ökologischen Ackerbau einer weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung bedürfen, war ein wesentlicher Schwerpunkt des Projekts. In den einzelnen Kapiteln zu den bearbeiteten Themen wurden aus den Untersuchungsergebnissen sowohl Erkenntnisse als auch konkreter Forschungsbedarf abgeleitet.

4 Literatur

Zu Kapitel 1.3 Erkenntnisstand

- ISERMEYER, F., NIEBERG, H., DABBERT, S., HEß, J., DOSCH, T., PRINZ ZU LÖWENSTEIN, F., 2001:
Bundesprogramm Ökologischer Landbau – Entwurf der vom BMVEL beauftragten Projektgruppe.
<http://www.verbraucherministerium.de/landwirtschaft/oekolog-landbau/bundesprogramm-oeko-lang.pdf>
- STEIN-BACHINGER, K., BACHINGER, J., VÖGEL, R., PAULY, J., WERNER, A., 1999 : Leitfaden zur selbstständigen Planung und Durchführung produktionsbezogener Experimente für ökologisch wirtschaftende Betriebe. In Hoffmann, H. und Müller, S.: (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin

Zu Kapitel 2.2 Zusammenhang von Humus und Getreideertrag

- BÖHLMANN, D., 1982: Ökophysiologisches Praktikum. Verlag Paul Parey, Berlin, S. 201.
- BROOKES, P.C., LANDMAN, A., PRUDEN, G., JENKINSON, D.S., 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method for measuring microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, **17**, 837-842.
- BRUCKER, G., KALUSCHE, D., 1990: Boden und Umwelt – Bodenökologisches Praktikum. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg.
- DIN 19683b, 1973. Physikalische Laboruntersuchungen. Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat. Fachnormenausschuss Wasserwesen im Deutschen Normenausschuss (DNA). Blatt 2. Beuth Verlag, Berlin, Germany.
- DJAJAKIRANA, G., JOERGENSEN, R.G., MEYER, B., 1996. Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biology and Fertility of Soils*, **22**, 299-304.
- FELDWISCH, N., FREDE, H.-G., HECKER, F., 1999: Verfahren zur Abschätzung der Erosions- und Auswaschungsgefahr. In: FREDE, H.-G., DABBERT, S. (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. ecomed, Landsberg, S. 22-57.
- HOFFMANN, G., 1991. Die Untersuchung von Böden. Methodenbuch, vierte Auflage. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Germany.
- ISERMEYER, H., 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate im Boden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, **56**, 25-38.
- JOERGENSEN, R.G., 2005. Determination of aerobic N-mineralization. In: MARGESIN, R., SCHINNER F. (eds.): *Manual for Soil Analysis - Monitoring and Assessing Soil Bioremediation*. Springer, New York, USA, pp. 303-308.
- JOERGENSEN, R.G., KUEBLER, H., MEYER, B., WOLTERS, V., 1995. Microbial biomass phosphorus in soils of beech (*Fagus sylvatica* L.) forests. *Biology and Fertility of Soils*, **19**, 215-219.
- JÖRGENSEN, R.G., 1995: Die quantitative Bestimmung der mikrobiellen Biomasse in Böden mit der Chloroform-Fumigations-Extraktions-Methode. *Göttinger Bodenkundliche Berichte*, **104**, 1-229.
- JÖRGENSEN, R.G., 2005: Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit aus mikrobiologischer Sicht. In: FRANGENBERG, A. (Hrsg.): *Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit*. Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, S. 77-92.
- KÖPPEN, D., 2004: *Bodenfruchtbarkeit im Agrarökosystem*. Verlag Dr. Kovač, Hamburg.
- KÖPPEN, D., 2005: Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. In: FRANGENBERG, A. (Hrsg.): *Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit*. Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, S. 31-50.
- KÖRSCHENS, M., SCHULZ, E., BEHM, R., 1990: Heißwasserlöslicher C und N im Boden als Kriterium für das N-Nachlieferungsvermögen. *Zentralblatt für Mikrobiologie*, **145**, 305-311.

- KTBL, 2005: Faustzahlen für die Landwirtschaft. KTBL, Darmstadt.
- ROGASIK, J., 2005: Zentrale Stellung des Humus für die Bodenfruchtbarkeit. In: FRANGENBERG, A. (Hrsg.): Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, S. 51-64.
- RÖMBKE, J., DREHER, P., 2000: Bodenbiologische Bodengüte-Klassen. Umweltbundesamt, Berlin.
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., 2002: Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- SCHINNER, F., SONNLEITNER, R., 1996: Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik, Band I - Grundlagen, Klima, Vegetation und Bodentyp. Springer-Verlag, Berlin.
- SCHINNER, F., SONNLEITNER, R., 1996: Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik, Band II – Bodenbewirtschaftung, Düngung und Rekultivierung. Springer-Verlag, Berlin.
- SCHRICKER, K., 1996: Mikrobielle Aktivitäten und Populationen in Abhängigkeit vom Wasserpotential und anderen Bodenparametern. Dissertation, Universität Bayreuth.
- STEIN-BACJINGER, K., BACHINGER, J., SCHMITT, L., 2004: Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau. KTBL, Darmstadt.
- VANCE, E.D., BROOKES, P.C., JENKINSON, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, **19**, 703-707.
- VDLUFA (Hrsg.), 2004: Standpunkt Humusbilanzierung - Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. VDLUFA, Bonn.

Zu Kapitel 2.3 Mehrjährige Schadnester in Getreidebeständen

- ANONYM: Terra protect. P. H. Petersen GmbH & Co. KG, Grundhof.
<http://www.terraprotect.com/start.html> (Informationen zu Biofumigation).
- ASSHEUER, T., 1995: Vertikalverteilung pflanzenparasitärer Nematoden im Boden. Dissertation, Universität Gießen.
- BARKER, R.B., GARY, A.P., WINDHAM, G.L., (eds.) 1998: Plant and nematode interactions. American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America, Madison.
- BERGMANN, W., (Hrsg.) 1993: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena
- BHATTI, D.S., WALIA, R.K., (eds.) 1992: Nematode pests of crops. CBS Publishers & Distributors, Delhi.
- CHEN, Z.X, CHEN, S.Y, DICKSON, D.W. (eds.), 2004: Nematology – advances and perspectives. Volume I: Nematode morphology, physiology and ecology. CAB International, Wallingford, U.K..
- CHEN, Z.X, CHEN, S.Y, DICKSON, D.W. (eds.), 2004: Nematology – advances and perspectives. Volume II: Nematode management and utilization. CAB International, Wallingford.
- DROPKIN, V.H., 1989: Introduction to plant nematology. John Wiley & Sons Inc., New York.
- EVANS, K., TRUDGILL, D.L., WEBSTER, J.M., (eds.) 1993: Plant parasitic nematodes in temperate agriculture. CAB International, Wallingford, U.K..
- FRANKENBERG, A., PAFFRATH, A., 2004: Nematoden im Ökologischen Gemüsebau. Landwirtschaftskammer NRW, Bonn.
- GAUGLER, R., BILGRAMI, A.L. (eds.), 2004: Nematode behaviour. CAB International, Wallingford, U.K..
- HALLMANN, J. (Hrsg.) 2006: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Pflanzenparasitäre Nematoden. Beiträge zum elften Fachgespräch am 7. Februar 2006 in Münster. BBA, Braunschweig.
- HALLMANN, J., 2003: Biologische Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden mit antagonistischen Bakterien. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, BBA, Berlin, Heft 392.

- HESELBARTH, C., 2006: Frei lebende Wurzelnematoden – Probleme in engen "Getreide-Raps-Dauergrün-Fruchtfolgen" in Schleswig-Holstein. *GetreideMagazin*, **2/2006**, 118-123.
- HOFFMANN, G.M., SCHMUTTERER, H., 1999: Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HOOPER, D.J., HALLMANN, J., SUBBOTIN, S.A., 2005: Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. In: LUC, M., SIKORA, R.A., BRIDGE, J. (eds.). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. Wallingford, GB, CAB International, pp. 53-86.
- KNUTH, P., 2007: Saugen an den Wurzeln – Wandernde Wurzelnematoden in Getreide und Mais. *Wochenblatt-Magazin*, **1/2007**, 15-17.
- KRUSE, J., 2006: Untersuchungen zur Schadwirkung und Populationsentwicklung wandernder Wurzelnematoden in getreidebetonten Fruchtfolgen Mecklenburg-Vorpommerns. Dissertation, Universität Gießen.
- LEE, D.L. (ed.), 2002: *The biology of nematodes*. Taylor & Francis, London
- MARSCHNER, H., 2003: *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London.
- OVERHOFF, A., 1990: Einfluß von Bewirtschaftungssystem und Bodenbearbeitung auf die Populationsdichte von Nematoden. Dissertation. Universität Gießen.
- SASSER, J.N., 1989: *Plant-parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy*. NCSU Department of Plant Pathology, Raleigh, USA.
- SCHLÜTER, K., 2002: Untersuchungen zu frei lebenden Wurzelnematoden im Ackerbau Schleswig-Holsteins. Abschlussbericht, Fachhochschule Kiel, <http://www.landbau.fh-kiel.de/Forschung/Wurzelnematoden.pdf>
- UPADHYAY, R.K., MUKERJI, K.G., CHAMOLA, B.P., (eds.) 2000: *Biocontrol potential and its exploitation in sustainable agriculture. Volume 1: Crop diseases, weeds, and nematodes*. Kluwer Akademik/Plenum Publishers, New York.
- WHITEHEAD, A.G., 1998: *Plant nematode control*. CAB International, Wallingford, U.K..

Zu Kapitel 2.4 Schäden an Körnererbsen auf langjährig ökologischen Flächen

- ALLEN, D.J., LENNÉ, J.M., (eds.) 1998: Disease as a constraint to production of legumes in agriculture. In: ALLEN, D.J., LENNÉ, J.M., (eds.): *The pathology of food and pasture legumes*. CAB International, Wallingford, U.K., pp. 1-61.
- BIDDLE, A.J., CATTLIN, N.D., 2007: *Pests and Diseases of Peas and Beans: A Colour Handbook*. Manson Publishing, London.
- HOFFMANN, G.M., SCHMUTTERER, H., 1999: Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KOLBE, H., KARALUS, W., HÄNSEL, M., GRÜNBECK, A., GRAMM, M., ARP, B., KRELLING, B., 2002: *Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau*. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden.
- KRAFT, J.M., LARSEN, R.C., INGLIS, D.A., 1998: Diseases of pea. In: ALLEN, D.J., LENNÉ, J.M. (eds.): *The pathology of food and pasture legumes*. CAB International, Wallingford, U.K., pp. 325-370.
- KRAFT, J.M., PFLEGER, F.L., 2001: *Compendium of pea diseases and pests*. APS Press, Minnesota, USA.
- KÜHNE, S., BURTH, U., MARX, P., (Hrsg.) 2006: *Biologischer Pflanzenschutz im Freiland*. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- LfL (Hrsg.): *Fruchtfolgebedingte Krankheiten von Leguminosen im ökologischen Landbau*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising.
- LÜTKE ENTRUP, N., PAHL, H., ALBRECHT, R., 2003: *Fruchtfolgewert von Körnerleguminosen*. UFOP,

Berlin.

- OYARZUN, P., GERLAGH, M., HOOGLAND, A.E., 1993: Relation between cropping frequency of peas and other legumes and foot and root rot in peas. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, **99**, 35-44.
- OYARZUN, P.J., DIJST, G., MAAS, P.W.T., 1994: Determination and analysis of soil receptivity to *Fusarium solani* f. sp. pisi causing dry root rot of peas. *Phytopathology*, **84**, 834-842.
- OYARZUNA, P.J., GERLAGHB, M., ZADOKSC, J.C., 1998: Factors associated with soil receptivity to some fungal root rot pathogens of peas. *Applied Soil Ecology*, **10**, 151-169
- SCHMUTZ, R., BÖHLER, D., 2002: Merkblatt Eiweisserbsen. FiBL, Frick, Schweiz.
- TU, J.C., 1994 : Effects of soil compaction, temperature, and moisture on the development of the *Fusarium* root rot complex of pea in southwestern Ontario. *Phytoprotection*, **75**, 125-131.

Zu Kapitel 2.5 Periphere Untersuchungsthemen

- BAYER, Y.T., 2007: Persönliche Mitteilungen. Bayer Handelsvertretung, Berlin
- BUNDESSORTENAMT (Hrsg.), 2004: Vergleichende Sortenliste Getreide, Mais, Ölf Früchte, Leguminosen (großkörnig) und Hackfrüchte (außer Kartoffeln). Deutscher Landwirtschaftsverlag, Hannover.
- MEYERCORD, A., MÜCKE, M., 2002: Sortenversuche 2002 im ökologischen Landbau in Deutschland: Winterroggen und Wintertriticale. SÖL Berater-Rundbrief, **3/02**, 13-24.
- MEYERCORD, A., MÜCKE, M., 2003: Sortenversuche 2003 im ökologischen Landbau in Deutschland: Winterroggen und Wintertriticale. SÖL Berater-Rundbrief, **4/03**, 3-18.
- KINSEY, N., WALTERS, C., 1999: Hands-on agronomy. Acres, Metairie, Louisiana, USA.
Weitere Informationen zu Kinsey Agricultural Services: <http://www.kinseyag.com/>
- SCHWEDER, P., KAPE, H.-E., BOELCKE, B., 2004: Düngung - Hinweise und Richtwerte für die landwirtschaftliche Praxis. Leitfaden zur Umsetzung der Düngeverordnung

5 Übersicht realisierter Veröffentlichungen

- HALLMANN, J., SCHMIDT, H., 2006: Auftreten pflanzenparasitärer Nematoden in Getreide-intensiven Fruchtfolgen. In: HALLMANN, J.: Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 131, 11. Fachgespräch „Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“: Pflanzenparasitäre Nematoden. BBA, Braunschweig, S. 19-21.
- SCHMIDT, H., 2005: Nematoden an Getreide. Bioland. **4/05**, 10-11.
- SCHMIDT, H., 2006: Nematodenschäden und Lösungsansätze im Getreidebau. In: HALLMANN, J.: Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 131, 11. Fachgespräch „Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“: Pflanzenparasitäre Nematoden. BBA, Braunschweig, S. 42-48.
- SCHMIDT, H., 2007: Problembereiche im Öko-Ackerbau – Analyse von Praxisbeispielen. Verlag Dr. Köster, Berlin. (218 Seiten, schwarz-weiß)
- SCHMIDT, H., 2007: Problembereiche im Öko-Ackerbau – Zusammenfassung von Praxis-Untersuchungen. Verlag Dr. Köster, Berlin. (18 Seiten, farbig)
- SCHMIDT, H., HALLMANN, J., 2007: Untersuchung möglicher Faktoren von nesterweise auftretenden Wuchsdepressionen bei Getreide auf Ökobetrieben mit leichten Böden. In: ZIKELI, S., CLAUPEIN, W., DABBERT, S., KAUFMANN, B., MÜLLER, T., ZÁRATE, A.V.: Zwischen Tradition und Globalisierung. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 21.-23.03.2007, Stuttgart Hohenheim. Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 377-380.
- SCHMIDT, H., SCHÜLER, C., JÖRGENSEN, R.G., 2007: Organische Substanz in ökologisch bewirtschafteten Böden, Quantität, Qualität und ihr Einfluss auf Getreideerträge. In: ZIKELI, S., CLAUPEIN, W., DABBERT, S., KAUFMANN, B., MÜLLER, T., ZÁRATE, A.V.: Zwischen Tradition und Globalisierung. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 21.-23.03.2007, Stuttgart Hohenheim, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 65-68.

Anhang

Beteiligte Personen

Unterstützt wurde das Projekt durch die Kooperations-, Diskussions- und Hilfsbereitschaft vor allem folgender Personen:

Hans-Heinrich Alvermann (Ökolandbau-Praxis), Gustav Alvermann (Beratung & Ökolandbau-Praxis), Claus Jürgen Andresen (Ökolandbau-Praxis), Hanna Blum (Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz), Friedrich Bohm (Ökolandbau-Praxis), Christopher Brock (Uni Gießen), Dr. Christian Bruns (Uni Kassel Witzenhausen), Holger Buck (Ökoring Niedersachsen), Gabi Dormann (Uni Kassel Witzenhausen), Wilfried Dreyer (Ökoring Niedersachsen), Ulrich Ebert (Ökoring Niedersachsen), Dr. Erhard Ebmeier (Fa. Lochow-Petkus), Carsten Dirk Engelke (Ökolandbau-Praxis), Regina & Ulrich Frey (Ökolandbau-Praxis), Prof. Dr. Jürgen Friedel (Uni Wien), Jochen Fritz (Beratungsdienst für Ökologischen Landbau Tübingen), Erhard Gapp (Beratungsdienst für Ökologischen Landbau Ulm), Dr. Ute Gärber, (BBA Klein Machnow), Gerhard Göttisch (Ökolandbau-Praxis), Andreas Gruel (Biolandberatung, Ökolandbau-Praxis), Dr. Johannes Hallmann (BBA Münster), Christian Hesselbarth (Amt für ländliche Räume Kiel), Dr. Monika Heupel (Pflanzenschutzdienst Bonn), Claudia Hof-Kautz (Uni Göttingen), Michael Högemann (Ökolandbau-Praxis), Jess Jessen (Ökolandbau-Praxis), Prof. Dr. Rainer Georg Jörgensen (Uni Kassel Witzenhausen), Joachim Keil (Ökolandbau-Praxis), Markus Kiefer (Uni Bonn), Manfred Kränzler (Ökolandbau-Praxis), Herbert Kraus (Ökolandbau-Praxis), Martin Lacknermeier (Ökolandbau-Praxis), Gerhard Lang (Biolandberatung, Ökolandbau-Praxis), Prof. Dr. Günter Leithold (Uni Gießen), Heinrich Meier-Köpke (Ökolandbau-Praxis), Hans-Hermann Meyer-Sahling (Ökolandbau-Praxis), Anke Mindermann (Uni Kassel Witzenhausen), Dr. Ludwig Nätscher (TU München), Oliver Pflughöft (FH Südwestfalen Soest), Ewald Pieringer (Naturlandberatung), Hans Plate (Biolandberatung), Florian Rau (Ökoring Niedersachsen), Dr. Bernd Rodemann (BBA Braunschweig), Dr. Helmut Saucke (Uni Kassel Witzenhausen), Wolfgang Sauerbrey (Ökolandbau-Praxis), Prof. Dr. Bernhard Carl Schäfer (FH Südwestfalen Soest), Michaela Schlathölter (Fa. Petersen), Joachim Schneider (Ökolandbau-Praxis), Dr. Christian Schüler (Uni Kassel Witzenhausen), Franz Schulz (Uni Gießen), Georg Schulze-Schilddorf (ehem. Beratungsdienst für Ökologischen Landbau Tübingen), Bernhard Schwab (staatliche Beratung Bayern), Prof. Dr. Dietrich Steffens (Uni Gießen), Martina Sträßer (Ökolandbau-Praxis), Joachim Stute (Ökolandbau-Praxis), Marco Tamm (Ökolandbau-Praxis), Thomas Terhoeven-Urselmanns (Uni Kassel Witzenhausen), Werner Vogt-Kaute (Naturlandberatung & Ökolandbau-Praxis), Freiherr Ernst-Friedemann von Münchhausen (Ökolandbau-Praxis), Dr. Franziska Waldow (BBA Klein Machnow), Karl Wallner (Ökolandbau-Praxis), Markus Wiggert (Bioandberatung), Richard Wirthmüller (Ökolandbau-Praxis), Hartmut Wöllner (Beratung & Ökolandbau-Praxis), Walter Zwingel (Naturlandberatung).

Danksagung

Besonders bedanken möchte ich mich bei den vielen Personen, die am Projekt „Untersuchung ackerbaulicher Probleme langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe“ mitgewirkt haben. Die Landwirtinnen und Landwirte ermöglichten durch ihre große Kooperationsbereitschaft und durch ihr Einlassen auf zeit- und ressourcenintensive Aktivitäten eine tiefgehende Untersuchung der einzelnen Probleme sowie eine detaillierte Beschreibung ihrer Anbausysteme. Die gute Zusammenarbeit mit den Beraterinnen und Beratern war eine Voraussetzung für die schnelle und unproblematische Kontaktaufnahme zu den Betrieben sowie für die fruchtbare, gemeinsame Diskussion von Problemen und Untersuchungsergebnissen. Dank der vielfältigen Unterstützung und der, trotz knapper Ressourcen, großen Kooperationsbereitschaft von wissenschaftlicher Seite war eine Intensität der Problemanalyse möglich, die über den Rahmen des geplanten Projekts deutlich hinaus ging.

Der persönliche Austausch mit allen Beteiligten hat wesentlich zum Gelingen dieses Projekts beigetragen. Auch für mich persönlich war dieser Austausch fachlich sehr interessant und es hat mir viel Freude bereitet.

Allen Mitarbeitern der Stiftung Ökologie und Landbau danke ich für ihre Unterstützung und den Freiraum, den ich zur Durchführung des Projektes erhalten habe.

Der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau danke ich für die Förderung und damit Ermöglichung des Projekts „Untersuchung ackerbaulicher Probleme langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe“. Frau Kotzia danke ich sehr für die kooperative und fundierte Betreuung.

Ganz besonders möchte ich mich bei meiner Freundin Hanna Blum für den regen Gedankenaustausch sowie bei ihr und unserer Tochter Lea für den Spielraum zur Durchführung des Projekts bedanken.